IDRC-TS

Mejoramiento de las pequeñas industrias alimentarias en los países en desarrollo

El Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo es una corporación pública creada en 1970 por el Parlamento de Canadá con el objeto de apoyar la investigación destinada a adaptar la ciencia y la tecnología a las necesidades de los países en desarrollo. Su actividad se concentra en seis sectores: ciencias agrícolas, alimentos y nutrición; ciencias de la salud; ciencias de la información; ciencias sociales; ingeniería y ciencias geológicas; y comunicaciones. El Centro es financiado exclusivamente por el Parlamento de Canadá; sin embargo, sus políticas son trazadas por un Consejo de Gobernadores de carácter internacional. La sede del Centro está en Ottawa, Canadá, y sus oficinas regionales en América Latina, Africa, Asia y el Medio Oriente.

This publication is also available in English.

92-01228/

IDRC-TS48s

Mejoramiento de las Pequeñas Industrias Alimentarias en los Países en Desarrollo

Editores: W. Edwardson y C.W. MacCormac

Titulo original de la obra *Improving small-scale industries in developing countries*

© International Development Research Centre 1984

© International Development Research Centre 1991
PO Box 8500, Ottawa, Ontario, Canada K1G 3H9

Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo
Oficina Regional Para América Latina y el Caribe
Casilla de Correos 6379, Montevideo, Uruguay

Edwardson, W.
MacCormac, C.W.

IDRC-TS48s

Mejoramiento de las pequeñas industrias alimentarias en los paises en desarrollo. Ottawa, Ont., CIID, 1991. viii + 160 p. : il.

/Procesamiento de alimentos/, /pequeñas industrias/, /industria alimentaria/, /investigación y desarrollo/, /países en desarrollo/ — /investigación industrial/, /investigación aplicada/, /experimentación/, /metodología/, /aspectos económicos/, /costos/, /estudios de casos/, /informes de reunión/, /listas de participantes/, /recomendaciones/, /CIID mencionado/.

CDU: 338.964.664

ISBN: 0-88936-562-8

Traducción: Oficina de Traducionnes, Secretaria de Estado, Canadá
Revisión del texto: Rafael Solis
Revisión técnica: Gilbert Croome

Se dispone de edición microficha.

Índice

Agradecimientos iv

Prólogo v

Participantes vii

Introducción 1

Situación de las industrias elaboradoras de alimentos y ayuda económica a la investigación 4

Comprensión de los problemas de una pequeña empresa elaboradora de alimentos 6

Experimentación: investigación de mejoras 29

Evaluación y ejecución de las mejoras 39

Aplicaciones en los países en desarrollo 46

Conclusiones y recomendaciones 82

Apéndice A
Tablas estadísticas 86

Apéndice B
Lista de preguntas para utilizar durante las visitas a las fábricas 99
Formularios de recogida de datos tailandeses 102
Método de elaboración de un diagrama del proceso de producción 112
Estudio de muestreo cronométrico 116

Apéndice C
Ejemplo de un experimento de selección 122
Ejemplo de un experimento factorial 126
Ejemplo de un estudio EVOP 129
Ejemplo de un experimento de mezcla 134
Ejemplo de una investigación de programación lineal 137
Planificación de la producción de productos estacionales utilizando el método de transporte de programación lineal 140
Ejemplo de un problema de inventario 144
Molienda en un proceso de dos actividades — aspectos económicos 146
Variación del costo para la determinación de costos normales 153
Análisis marginal y de costos–beneficios 159

Agradecimientos

Queremos reconocer y agradecer en forma especial a B.C. Research por suministrar la sede para el seminario, asistencia administrativa, transporte local, gentil ayuda a los participantes individuales y, principalmente, a David A. King, Jefe de la División de Ayuda Comercial, que cumplió una valiosa función de apoyo durante todo el seminario.

El seminario está en deuda con Wiboonkiet Moleeratanond y Chote Vimolchalao de Tailandia y Kenneth Liang Wai Yin de Singapur por los detallados y bien expuestos informes de investigación realizados sobre pequeñas empresas elaboradoras de alimentos en sus respectivos países.

También expresamos nuestros agradecimientos a Graham K. Rand y Allan Anderson por su valiosa contribución en la preparación del material básico empleado en el Seminario. Además, agradecemos en forma especial a Katherine Kealey-Valliére (Editora técnica del CIID), que ayudó a recopilar el borrador de la publicación y a Christine Scaman, que ayudó en calidad de relatora.

Finalmente, agradecemos a todos los participantes que en el libre intercambio de información durante el seminario ayudaron a incrementar el conocimiento general de todos sobre la situación y los problemas de la elaboración de alimentos en los países en desarrollo.

Prólogo

Esta publicación es un informe resumido de un seminario sobre enfoques de investigación y metodología para el mejoramiento de procesos de producción en las pequeñas empresas elaboradoras de alimentos en los países en desarrollo. El seminario, auspiciado por B.C. Research en Vancouver, Canadá, con el respaldo del Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo, se celebró entre el 13 y el 24 de junio de 1983. Este fue el tercero de una serie de seminarios sobre el tema del mejoramiento del proceso de producción. El primero de ellos se celebró en Singapur en 1980 y trató sobre la adaptación de las técnicas cuantitativas de investigación empleadas normalmente por las grandes empresas a las situaciones especiales de las pequeñas empresas operadas por familias. Un segundo seminario se celebró en Bangkok en 1981 donde se presentaron estas técnicas a un equipo de investigadores en el Instituto de Investigaciones Científicas y Técnicas de Tailandia en calidad de enfoques que serían ensayados en un proyecto de mejoramiento del proceso de producción de una fábrica de fideos. El CIID publicó los informes de ambos seminarios en la serie de informes manuscritos (CIID-MR48e y CIID-MR 56E) que sirvieron de antecedentes básicos para el seminario realizado en Vancouver.

Los objetivos de este seminario eran:

- Estudiar una variedad de experiencias en la aplicación y evolución de una metodología para lograr el mejoramiento del proceso de producción que estuviera dirigida a pequeñas empresas y plantear modificaciones y mejoras;
- Examinar problemas y necesidades relacionados con la investigación y el desarrollo, así como los intereses y las preocupaciones de los investigadores industriales respecto a pequeñas industrias alimentarias en los países en desarrollo; y
- Ayudar a los investigadores participantes a desarrollar y aplicar métodos más eficaces para mejorar las condiciones en las pequeñas fábricas de alimentos en sus países.

Los participantes de cada uno de los nueve países en desarrollo representados en el seminario describieron el sector de pequeñas empresas alimentarias de sus países, los servicios de investigación y desarrollo disponibles y el papel y la estructura de sus instituciones nacionales. Se explicaron los enfoques metodológicos para la resolución de problemas y las técnicas ensayadas. Se examinaron y discutieron en cierto detalle los proyectos más avanzados financiados por el CIID en Tailandia y Singapur. Las descripciones de los procesos de producción y los problemas que confrontan las típicas fábricas alimentarias de pequeño tamaño en cada país fueron utilizadas como casos de estudio en pequeños

grupos de discusión con el objeto de evaluar y establecer estrategias para la investigación sobre el mejoramiento del proceso de producción.

Expertos invitados, con experiencia en situaciones de países industrializados modernos, presentaron una gama de conceptos metodológicos y técnicas. Además, se visitó una pequeña fábrica local procesadora de pescado donde los participantes tuvieron la oportunidad de practicar algunas de las técnicas presentadas y analizadas. Al final no se pudo determinar una metodología específica y un conjunto único de técnicas aplicables a las situaciones que se presentan en las pequeñas empresas de los países en desarrollo. En cambio, se llegó a un método flexible que combinara las técnicas presentadas en las páginas siguientes de acuerdo con las exigencias específicas de cada situación problemática. La reunión se celebró en el local de B.C. Research, una organización con fines no lucrativos que posee amplia experiencia en la solución de problemas y la asistencia a pequeñas empresas de la industria alimentaria y de otras industrias en la provincia de Colombia Británica. Durante la reunión se dio oportunidad para que los participantes pudieran aprender de esta experiencia y comprendieran la organización y la función de este instituto industrial y prestatario de servicios.

Debido a que por la naturaleza del seminario se produjo una considerable repetición y una cantidad de resultados preliminares, este informe constituye un resumen amalgamado del contenido en vez de adoptar el formato más común de presentar las actas de una reunión donde se incorporan ensayos de autores individuales. El contenido de este documento es producto de la contribución de todos los participantes y esperamos que proporcione una fuente útil de ideas y conocimientos prácticos a las personas interesadas en el desarrollo y la investigación destinada a mejorar el proceso de producción en las pequeñas empresas.

E. Weber
Director Asociado,
División de Ciencias Agrícolas,
Alimentos y Nutrición del CIID

Participantes

William Edwardson, Agriculture, Food and Nutrition Sciences Division, International Development Research Centre (IDRC), Apartado Aéreo 53016, Bogotá, D.E., Colombia

Ricardo García, Instituto Centroamericano de Investigación y Tecnología Industrial (ICAITI), Apartado Postal 1552, Ciudad de Guatemala, Guatemala

Olympia N. González, Food and Technology R&D Program, National Institute of Science and Technology (NIST), Kahong Koreo 774, Manila, Filipinas

K.G. Gunetileke, Ceylon Institute of Scientific and Industrial Research (CISIR), P.O. Box 787, 363 Bauddhaloka Mawatha, Colombo 7, Sri Lanka

A.M. Khorshid, Agricultural Research Center, Grain and Bread Research Department, Field Crops Research Institute, Giza, Egipto

David A. King, B.C. Research, 3650 Wesbrook Mall, Vancouver, B.C., Canadá V6S 2L2

Kenneth Liang Wai Yin, Singapore Institute of Standards and Industrial Research (SISIR), P.O. Box 2611, Singapore 9046, República de Singapur

Christopher MacCormac, Agriculture, Food and Nutrition Sciences Division, International Development Research Centre (IDRC), Tanglin P.O. Box 101, Singapore 9124, República de Singapur

Wiboonkiet Moleeratanond, Agricultural Products Development Division, Thailand Institute of Scientific and Technological Research (TISTR), 196 Pahonyothin Road, Bangkok 10900, Tailandia

Graham K. Rand, Department of Operational Research, School of Management and Organisational Sciences, Gillow House, University of Lancaster, Bailrigg, Lancaster, LA1 4YX, Inglaterra

Claudio Simian, Instituto de Investigaciones Tecnológicas (INTEC), Casilla 667, Avda. Sta. María 06500, Santiago de Chile, Chile

Jullett E. Simpson, North Clarendon Processing Co. Ltd., 20 West Road, Kingston 7, Jamaica

Chote Vimolchalao, Industrial Research Division, Thailand Institute of Scientific and Technological Research (TISTR), 196 Pahonyothin Road, Bangkok 10900, Tailandia

Hussin Hj. Zakaria, Food Technology Division, Malaysian Agricultural Research and Development Institute (MARDI), P.O. Box 2301, Kuala Lumpur, Malasia

Observador:
I.H. Tomlinson, North Clarendon Processing Co. Ltd., 20 West Road, Kingston 7, Jamaica

Relatora:
Christine Scaman, Department of Food Science, University of British Columbia, 2357 Main Mall, Vancouver, B.C., Canadá V6T 2A2

Editor Técnico:
K. Kealey, Communications Division, International Development Research Centre (IDRC), P.O. Box 8500, Ottawa, Ontario, Canadá K1G 3H9

Introducción

El programa de sistemas de postproducción de la División de Ciencias Agrícolas, Alimentos y Nutrición (CAAN) del CIID financia proyectos de investigación en los países en desarrollo con objeto de mejorar diversas etapas de la elaboración de los productos alimenticios locales, desde la cosecha al consumo. El Centro da la más alta prioridad a las solicitudes de aquellos investigadores de países del Tercer Mundo que centran sus estudios en alimentos nutritivos producidos localmente y consumidos en forma ordinaria por los sectores más pobres de la población, rural o urbana.

Se ha manifestado al CIID que en muchos países en desarrollo se ha descuidado la investigación y el desarrollo en el sector de pequeñas y medianas empresas elaboradoras de alimentos. Este sector está generalmente constituido por empresas familiares, que han evolucionado a lo largo de los años con poco acceso al capital y servicios técnicos. Constituye también la principal fuente de productos alimenticios tradicionales de bajo costo, a menudo hechos a base de materias primas locales, que forman parte significativa del regimen alimenticio de los habitantes locales y que constituyen una fuente importante de empleo e ingresos.

Actualmente se están haciendo esfuerzos en varios países para robustecer este sector, con objeto de aumentar la autosuficiencia, mediante el desarrollo de la industria local para satisfacer las condiciones únicas del mercado local y asegurar el abastecimiento de alimentos elaborados locales. La existencia de una base sólida de industrias de pequeña y mediana escala locales podría asimismo desarrollar en el futuro industrias de mayor escala.

En muchos países, los servicios típicos de divulgación industrial tienen poco contacto con la pequeña empresa y, a menudo, poca oportunidad para establecer contactos. Usualmente, sólo pueden asesorar. Carente de personal técnico y de capital, la pequeña empresa alimentaria familiar no puede definir sus necesidades ni puede hacer uso de los consejos recibidos. Por consiguiente, existe la necesidad de que los investigadores y el personal de divulgación se comuniquen directamente con los fabricantes, les ayuden a especificar sus problemas y necesidades, y trabajen con ellos, dentro de las limitaciones de sus empresas, para sugerir, probar y efectuar mejoras. Esto constituye un nuevo método para la mayoría de los organismos de divulgación y de investigación en los países en desarrollo, así como en los países desarrollados.

Una empresa elaboradora de gran escala, por ejemplo, puede recurrir a sus propios especialistas de los departamentos de investigación y desarrollo, ingeniería, contabilidad y comercialización para identificar las áreas donde mejorar la productividad y margen de ganancia de la empresa, para desarrollar y ejecutar los

cambios adecuados, donde sean necesarios. Así, el método recomendado en el primer seminario realizado en Singapur en 1980 fue que los investigadores de los países en desarrollo adaptaran los métodos utilizados en las grandes industrias a las situaciones menos organizadas de las pequeñas compañías procesadoras. Las pequeñas empresas individuales, aun cuando a menudo producen productos similares, se enfrentan con limitaciones bastante diferentes que requieren otras soluciones. En consecuencia, el método utilizado fue la amplia apropiación de ideas en campos tales como ingeniería industrial, proceso de alimentos, investigación de operaciones y análisis de sistemas. Se propuso que los investigadores trabajaran en equipos multidisciplinarios para agrupar una mayor variedad de capacidades técnicas.

Se encontró que el objetivo de los pequeños industriales elaboradores, así como de los pequeños agricultores, consiste en minimizar el riesgo de sus operaciones. Por lo tanto, las oportunidades más ventajosas para lograr mejoras pueden consistir en mejorar la eficiencia y reducir las pérdidas de los procesos actualmente utilizados como resultado de mejoramientos en la organización y operaciones, más bien que mediante la imposición de la pesada carga de nuevas inversiones de capital. Se deberían evitar los riesgos mayores asociados con la introducción de nuevos productos o la ejecución de cambios radicales en la tecnología o equipos. El método debería también ser sistemático, de manera que los investigadores tuvieran confianza en que los mejoramientos propuestos fuesen, en efecto, beneficiosos y que hubiese una frecuente interacción con la administración tanto para obtener información como para tomar decisiones durante la investigación. Así, se comprenderá la realidad y las limitaciones, y se minimizarán los riesgos.

Un segundo seminario realizado en Bangkok, Tailandia, en febrero de 1981, desarrolló más estos conceptos y se analizaron más detenidamente técnicas potencialmente útiles en conjunto con el equipo tailandés que está preparando planes para mejorar la elaboración de fideos en pequeñas fábricas. El método está basado en la medida cuantitativa de las operaciones de fábrica, incluyendo tanto las condiciones actuales como las propuestas. Se hace énfasis también en la interacción entre gerencia, personal de fábrica e investigadores, de manera que aquellas actividades de proyecto que sean importantes, aceptables y realizables se efectúen en forma eficiente y eficaz, desde el punto de vista de costos.

En el tercer seminario, celebrado en Vancouver, Canadá, los participantes de Tailandia y Singapur describieron sus experiencias en la aplicación de esta metodología y su adaptación a las plantas elaboradoras locales, y expresaron sus ideas sobre la forma de perfeccionar el método. Los participantes se informaron sobre este enfoque, lo criticaron y sugirieron modificaciones o nuevos conceptos, en un esfuerzo para desarrollar conocimientos técnicos flexibles que sirviesen para guiar a los investigadores en forma sistemática, rápida e instruida, bien dirigida y, además, coordinada con los objetivos de la gerencia, hacia mejoras que fomenten el desarrollo de las pequeñas industrias alimentarias tradicionales.

Las afirmaciones del Profesor Hawthorn en la reunión de Singapur expresan claramente lo que se está tratando de hacer:

> Antes de tan siquiera empezar a hablar sobre investigación, tecnología apropiada, sistemas de análisis, servicios técnicos, verificación de recursos, etc. y mucho antes de empezar a hablar sobre conocimientos científicos, debemos tratar de comprender las motivaciones de la empresa que estamos estudiando, las actitudes de la persona que la dirige, su nivel de educación, sus

intereses comerciales, la familia que tiene que mantener con ese negocio y su prestigio en la comunidad local. Debemos tratar de entender su problema comprensivamente, desde su propio punto de vista, así como las necesidades de las personas que trabajan para él. Todo negocio es diferente y no existe una fórmula universal que se pueda aplicar a todos ellos. No tiene sentido decirle que compre una máquina nueva si ya está lleno de deudas. Pero si conocemos los prerrequisitos básicos del éxito, podremos guiarlo paulatinamente en la dirección que le llevará gradualmente a un enfoque más optimista de sus problemas. Si reconocemos desde el comienzo que la tecnología alimentaria moderna no es necesariamente la vía conducente al éxito instantáneo, sino simplemente un catalizador dentro de un proceso mucho más amplio, empezaremos en la dirección correcta.

Esto se debe hacer al mismo tiempo que se construye y se mantiene la credibilidad de los investigadores a través de acciones en fábricas específicas y produciendo resultados que ofrezcan beneficios reales y tangibles para la empresa. Esto ciertamente no es fácil y sólo se logrará mediante la acumulación de experiencia, al trabajar en una variedad de problemas reales de la fábrica. Es de esperar que, en los lugares donde se acumule esta experiencia, quizás estas actividades de investigación sobre la pequeña industria se incorporarán en los servicios institucionales actuales de los países en desarrollo. Esto fomentará, no sólo la continua interacción con las pequeñas industrias y el suministro de una base de capacitación realista a los jóvenes investigadores, sino que también indicará las prioridades de investigación en otros campos, tales como el desarrollo de productos, el desarrollo de métodos de elaboración, empaquetado, y campos más fundamentales en el instituto de investigación basadas en necesidades reales del sector, según las perciben los investigadores orientados hacia la industria. Uno de los objetivos de esta reunión fue continuar el análisis sobre la necesidad de preparar métodos para el mejoramiento de la industria alimentaria de pequeña escala.

Situación de las industrias elaboradoras de alimentos y ayuda económica a la investigación

Los participantes de los nueve países en desarrollo representados (Chile, Egipto, Guatemala, Jamaica, Malasia, Filipinas, Singapur, Sri Lanka y Tailandia) presentaron en el seminario un panorama sobre la situación del sector de la industria elaboradora de alimentos en la economía nacional, así como una breve descripción de la ayuda económica presente y pasada prestada por las instituciones nacionales a la industria alimentaria. A continuación ofrecemos un resumen de los trabajos presentados (en el Apéndice A se incluyen estadísticas detalladas de países específicos).

Con la única excepción de Singapur, la industria elaboradora de productos alimenticios, bebidas y tabaco en estos países representa un sector importante de la economía. Sin embargo, es un sector variado, caracterizado por la existencia de firmas muy diferentes en cuanto a tamaño, capital, número de empleados y valor agregado que elaboran productos agrícolas básicos de origen nacional y extranjero, operando ya sea en los mercados nacionales o de exportación o en ambos. Generalmente, un porcentaje importante de las mayores compañías está en manos extranjeras; éstas elaboran productos agrícolas nacionales (producidos en grandes haciendas o granjas relativamente grandes) o productos importados del extranjero; hacen uso relativamente intenso de capital, utilizan plantas y equipos modernos, a menudo importados; emplean mano de obra especializada; tienen, dentro de la misma compañía, sus propias instalaciones de investigación y de control de la calidad (o contratan tales servicios según se necesiten); y normalmente no constituyen un mercado para la producción de los pequeños y medianos productores de alimentos. Sin embargo, las pequeñas y medianas empresas son de propiedad de gente del país, elaboran productos agrícolas y pesqueros nacionales, y no tienen en sus plantas servicios de investigación o de control de la calidad ni tampoco los medios para pagar esos servicios.

Si bien en la mayoría de los países se pueden encontrar estadísticas sobre empresas nacionales y extranjeras registradas, es muy posible que muchas empresas artesanales pequeñas, o incluso caseras, de elaboración de alimentos no aparezcan en dichas estadísticas. Usualmente, esto se debe a su pequeño tamaño y operación a menudo estacional y, también, porque están ubicadas en áreas no metropolitanas. En general, los bromatólogos, técnicos de alimentación y gobiernos conocen la existencia de estas actividades tradicionales de elaboración de alimentos. No se conocen en detalle los métodos reales de elaboración que utilizan, ni las técnicas económicas asociadas ni las limitaciones administrativas que

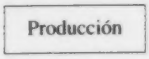
enfrentan. No se puede medir en forma precisa la aportación real que hacen a la economía, en términos de constituir un mercado para los productos agrícolas locales, el valor agregado y empleo, pero esta contribución es importante, debido a su cantidad, producción de alimentos tradicionales para la mayoría de la población y tendencia habitual a procesar productos básicos cultivados en la región.

En todos los países representados hay institutos nacionales, programas de gobierno y, en algunos casos, políticas de gobierno bien definidas destinadas a prestar a la industria alimentaria y de bebidas servicios financieros, administrativos, técnicos e incluso apoyo a la investigación. Sin embargo, debido a que las empresas mayores comprenden mejor los principios científicos y técnicos en que se basan las tecnologías utilizadas y tienen la capacidad técnica y los recursos para definir adecuadamente los problemas percibidos, unido a que muchos institutos nacionales encargados de proporcionar servicios de investigación y asistencia técnica tienen la necesidad de cubrir costos, ya sea en forma total o parcial, mediante trabajos a contrata, todavía existe la inclinación a brindar estos servicios de ayuda a las compañías más grandes que se dirigen directamente a tales instituciones y pueden pagar los servicios prestados. Esto ha ocasionado que los investigadores nacionales de la alimentación a menudo tengan poco o ningún contacto con las empresas alimentarias de pequeña escala y, por lo tanto, ninguna oportunidad de familiarizarse con los métodos tradicionales de producción de alimentos, ni tampoco de realizar investigaciones específicas destinadas a mejorarlos.

Esto significa que, en gran medida, la mayor parte de la elaboración tradicional de alimentos se desarrolla mediante la introducción aislada de equipos nuevos, en vez de hacerlo mediante un análisis sistemático continuo, tendiente a la identificación de problemas, experimentación y evaluación de métodos con la participación tanto de investigadores como de gerentes y propietarios de pequeñas empresas. Las excepciones han sido Singapur, Tailandia y, recientemente, Chile que han comenzado, en cooperación con el Centro Internacional de Investigación para el Desarrollo, proyectos de investigación específicos destinados a mejorar métodos tradicionales seleccionados de producción de alimentos en pequeña escala. En este informe daremos mayores detalles y explicaremos las actividades de investigación proseguidas tales como, por ejemplo, metodología, y resultados de proyectos en Singapur y Tailandia.

Comprensión de los problemas de una pequeña empresa elaboradora de alimentos

El perfeccionamiento de los procesos de elaboración en una pequeña empresa no es una tarea tecnológica o de ingeniería que pueda realizarse aisladamente de los demás aspectos de la empresa. Muy a menudo los científicos o ingenieros piensan que la empresa puede representarse de la siguiente manera:



Sin embargo, si se estudia, por ejemplo, una empresa fabricante de fideos de frijol mungo, es necesario recordar que no se pueden producir fideos a menos que se disponga de frijoles mungos para comenzar la elaboración. Por lo tanto, para asegurar que haya suficiente materia prima es necesario realizar una operación de planificación de la producción. Así, el diagrama podría ampliarse de la siguiente manera:

Además, no basta simplemente con planificar las existencias de materia prima: se tiene que comprar frijol primero, de manera que es necesario hacer una compra, actividad que significará interactuar con el/los proveedor(es). También será necesario tener en cuenta lo que sucede después de que se han producido los fideos. Será necesario comercializarlos y distribuirlos al público.

Así, una empresa no es simplemente un proceso, puede representarse, aunque todavía en forma simplificada, tal como aparece en la Fig.1. Este diagrama muestra las interacciones observables entre las diversas actividades que comprenden en su conjunto las funciones básicas que se dan en cualquier empresa. Todas estas actividades pueden ser administradas directamente por los dueños, como se ve habitualmente en las pequeñas empresas, o las actividades individuales pueden ser

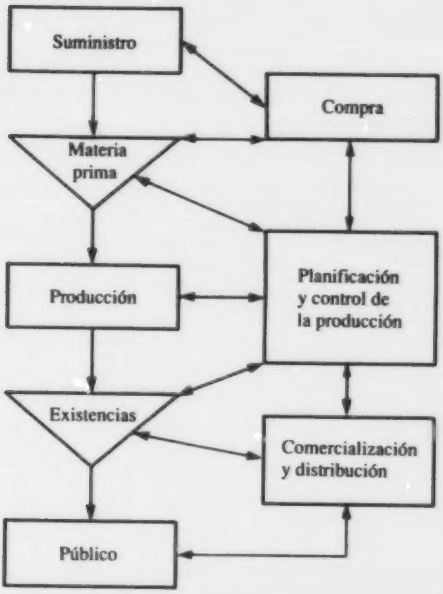


Fig. 1. Modelo simplificado de una empresa que muestra la interacción existente entre las diferentes funciones.

delegadas al personal o, como sucede en las grandes empresas, hay diferentes departamentos. Para hacer una evaluación completa de las implicaciones que podría tener la introducción de cualquier innovación, el investigador debe estar consciente de la particular estructura de la empresa que está estudiando y de los procedimientos utilizados para tomar decisiones.

Análisis de sistemas

El punto central del análisis de sistemas es reconocer que las diferentes funciones de una empresa, ilustradas en la Fig. 1, no pueden aislarse unas de otras. En la terminología de sistemas, cada sistema analizable es simplemente un subsistema de un sistema mayor que se interrelacionará con otros sistemas. Por lo tanto, para evaluar cualquier perfeccionamiento en el proceso de producción es necesario identificar todas las interrelaciones significativas causadas por el cambio y evaluar su repercusión combinada sobre la organización en su totalidad, sin meramente determinar el efecto de la mejora en el sector de la empresa donde el problema apareció originalmente (Fig. 2).

El análisis de sistemas intenta asegurar que se tengan en cuenta todas las interrelaciones. Por ejemplo, desde el punto de vista de ventas, podría ser deseable introducir una variante de un producto determinado. Sin embargo, desde el punto de vista de producción, podría ser que la nueva variedad sea difícil y costosa de producir y ocasione inconvenientes debido a que se tenga que detener la

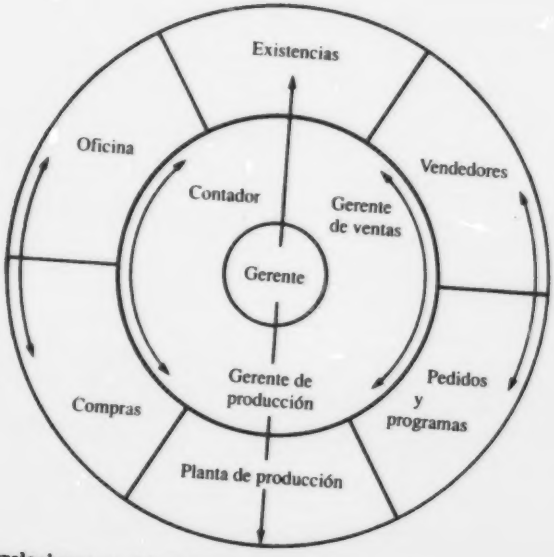


Fig. 2. Interrelaciones en el interior de la estructura de una empresa (las flechas indican el flujo de información).

maquinaria para cambiar de una variedad de producto a otra. Financieramente, es posible que sea necesario aumentar las existencias para apoyar la venta del nuevo producto. Es necesario tener en cuenta todos estos aspectos.

Los sistemas de análisis suministran también una técnica de diagnóstico para ayudar a determinar los problemas particulares de una pequeña empresa. En las pequeñas empresas a menudo se encuentran varios problemas comunes que pueden analizarse por el método de análisis de sistemas usando diagramas de "actividad mínima", donde se describe lo que corrientemente debe suceder para que una empresa pueda funcionar bien. (Fig. 3).

En todas las actividades que aparecen en la Fig. 1 está implícito que la investigación analítica se está aplicando a una empresa individual comercial, privada. En la mayoría de los países en desarrollo (y en algunos países desarrollados) las pequeñas empresas privadas familiares realizan la mayor parte de la elaboración de alimentos. Este tipo de empresa se caracteriza, generalmente, por tener recursos de capital muy limitados; tanto su adquisición total de materias primas, como su producción son pequeñas, en comparación al total del mercado y, por lo tanto, no pueden influir o controlar los precios que pagan por las materias primas ni tampoco los precios de venta de sus productos normales en el mercado general, no especializado. Por lo tanto, el margen de utilidad (la diferencia entre el precio del producto y los costos de producción) es pequeño, y el total de sus ganancias se basa en mantener bajos los costos de producción y alto el volumen de producción.

La estructura de la firma individual y del mercado específico en que opera determinarán, en gran medida, la forma en que el sistema pueda ser analizado en

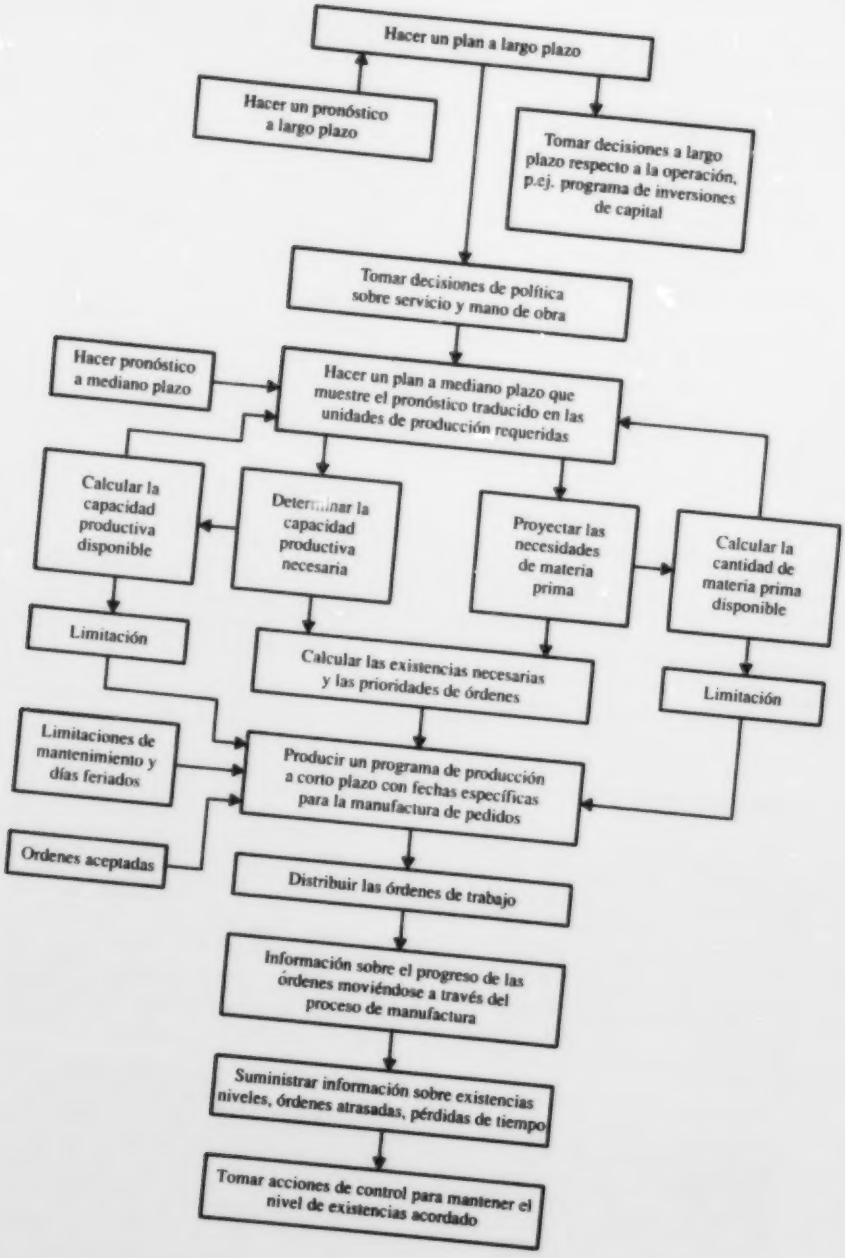


Fig. 3. Modelo de actividades mínimas para planificar la producción.

términos económicos. Por ejemplo, si la investigación está orientada a mejorar significativamente la norma de calidad de un producto o desarrollar un nuevo producto que tenga un mercado especializado pero de precio relativamente elevado, entonces los criterios de menor costo no serían el factor más importante, sino que se debería considerar, en cambio, la minimización del riesgo mediante la diversificación de productos y mercado. El dueño de una fábrica puede dar alta prioridad a la reducción de los insumos de mano de obra en el proceso y podría, por lo tanto, estar dispuesto a aceptar, a corto plazo, equipos nuevos relativamente costosos, porque cree que, a largo plazo, va a ahorrar dinero en salarios y en los costos de capacitación de nuevos empleados.

Una pequeña empresa puede obtener beneficios de escala si la producción aumenta, pero esta producción mayor debe ser comercializada. Podría ser necesario diversificar, en vez de expandir un solo producto. Esta diversificación puede ayudar también a superar los problemas ocasionados por el carácter estacional de algunos productos alimenticios. Sin embargo, a mayor diversificación más compleja se hace la operación y el tiempo de inactividad de la fábrica es mayor. Todos los factores tienen un efecto directo sobre el flujo de fondos.

También es importante recordar que ningún aspecto de un negocio puede ser segregado del resto. La operación de una empresa debe ser entendida siempre como un conjunto de sistemas interrelacionados. Esto es especialmente cierto en las pequeñas empresas. Sin embargo, podría ser difícil para una sola persona coordinar todos los diferentes sistemas de una empresa. Algunos gerentes de compañías pequeñas no pueden, incluso, ni siquiera darse cuenta de la existencia de estos aspectos de la empresa, de tal manera que es necesario crear esa conciencia de forma sistemática y organizada.

Contacto con pequeñas empresas

Los investigadores de las diversas instituciones representadas en el seminario discutieron los diferentes métodos de ponerse en contacto con pequeñas empresas e intercambiar información con ellas. En opinión de los participantes, para ponerse en contacto por primera vez con las pequeñas empresas sería necesario anunciar los servicios disponibles para la industria en su conjunto. Para fomentar el interés, se han utilizado cursos de capacitación dados por expertos invitados, pero preferiblemente, con la participación de expertos locales. Otros métodos utilizados fueron visitas personales a empresas locales y estudios sobre las características de un sector alimentario o en particular asociación de procesadores.

Por ejemplo, BC Research, con la ayuda directa de personal técnico, ha organizado seminarios centrados en los problemas específicos enfrentados por diferentes pequeñas industrias. Mediante este método han establecido contactos con la industria, creado la reputación de organización confiable y aumentado la conciencia sobre los servicios disponibles ofrecidos. En Singapur, los contactos más efectivos se han hecho a través de la respuesta voluntaria a los programas de mejoramiento estimulados por la prensa, pero ha sido difícil y ha tomado tiempo establecer esos contactos. Igualmente, sólo los gerentes jóvenes y educados se sienten motivados a buscar la forma de realizar mejoramientos en sus empresas. En Tailandia se hicieron encuestas de fábricas individuales y se estableció contacto personal para ayudar a determinar los problemas que están experimentando las

firmas individuales. También se hicieron encuestas de los miembros de la federación de panaderos de Chile. Sin embargo, los niveles de cooperación existentes entre los distintos panaderos variaba enormemente. En general, los mejores resultados se han obtenido cuando se han establecido contactos en forma individual. Una vez lograda la confianza de una compañía a través de los mejoramientos positivos alcanzados, la reputación del grupo de investigación se propagará por la industria y más gente empezará a ponerse en contacto.

La experiencia de ciertos países indica que los medios de comunicación, tales como radio, televisión y prensa, cumplen un papel importante en el fomento del desarrollo de las pequeñas industrias alimentarias. Por ejemplo, el participante del Instituto de Investigación y Desarrollo Agrícola de Malasia (MARDI) informó que el anuncio en radio y televisión de la existencia de una tecnología de conjunto para el procesamiento del requesón de soya, junto con una relación de sus costos y ganancias, resultó en no menos de 300 consultas, en un período de tres meses. Esto significó posteriormente que una serie de procesadores potenciales y existentes vinieran a informarse sobre esa tecnología. Un estudio de seguimiento realizado por el Instituto indicó que, en un período de 2 años, se habían establecido 25 industrias de ese tipo. Como resultado, el Instituto adquirió rápidamente reconocimiento como un centro importante de conocimientos tecnológicos sobre el procesamiento de alimentos. Esto provocó, a su vez, que se hiciera todavía mayor énfasis en el trabajo del Instituto para ayudar a las pequeñas industrias.

Visitas a fábricas

Es necesario obtener experiencia directa mediante visitas a una fábrica determinada. Estas visitas deben ser planeadas cuidadosamente de antemano, especialmente en lo que concierne a los objetivos a lograr con la visita. Primero hay que determinar el tamaño del equipo de investigación. No deberá ser demasiado pequeño, es casi esencial que esté constituido por más de una persona, pero tampoco demasiado grande, para no abrumar a los encargados de la gestión. Y realmente, el equipo deberá estar formado por unos tres investigadores especializados en campos diferentes, por ejemplo, tecnología alimentaria, economía, ingeniería, etc.

Técnicas utilizadas para describir operaciones comerciales e identificar sectores problemáticos

Listas de verificación

El equipo de investigación debe estar preparado para obtener información en forma sistemática. Un método útil para obtener una comprensión básica de lo que sucede en una empresa es hacer preguntas. Una forma conveniente de hacerlo es utilizar cuestionarios, con objeto de revelar los puntos fuertes y débiles en los sectores estratégicos de operación de la empresa. El Apéndice B contiene un cuestionario preparado durante el seminario. Estas preguntas sólo sirven de guía y se espera que las visitas induzcan a formular nuevas preguntas.

El propósito de estas preguntas es ayudar a los investigadores a identificar, en las empresas, los sectores de problemas potenciales. A un nivel de detalle, es

posible hacer diagramas de la actividad realizada, que se pueden comparar con el diagrama de la actividad mínima, mostrado en la Fig. 3, para identificar lagunas en las actividades que puedan representar sectores problemáticos. En un nivel más directo, sería posible descubrir la fuerza de los vínculos existentes entre las diferentes actividades que se muestran en la Fig. 1. Por ejemplo, si las preguntas revelan que no se presta mucha atención al abastecimiento de materias primas, es posible que un estudio de control de existencias pudiera significar un mejoramiento. O si el gerente no estuviera seguro sobre los precios que los clientes están preparados a pagar, podría ser que un estudio de comercialización condujera a reducir substancialmente los costos de distribución. En el Apéndice B se presentan ejemplos de los formularios de obtención de datos utilizados por los investigadores del Instituto de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de Tailandia (TISTR) en sus visitas a las fábricas de Tailandia. El rellenar esos formularios ayudará a los investigadores a obtener rápidamente información básica sobre una empresa, en particular datos cuantitativos sobre el proceso. A menudo se necesitan varias visitas para obtener detalles adecuados o de áreas específicas de la planta.

Tabulación

Normalmente, al estudiar una empresa alimentaria será necesario obtener una comprensión detallada del proceso de producción. La forma más adecuada de conseguirla es preparando un diagrama. En la etapa inicial de documentación sólo se necesita una visión panorámica del proceso que ayudará posteriormente a indicar lo detallado de la documentación ulterior. Esta visión la proporciona el diagrama general del proceso (DGP). El diagrama de producción (DDP) presenta un cuadro más comprensivo que cubre más que las actividades claves de un trabajo, siendo particularmente conveniente para documentar labores de mantenimiento y otros trabajos indirectos.

En ciertos casos, el DGP puede servir de base para examinar el proceso, sin mayor documentación. Sin embargo, el DGP se utiliza más a menudo como un esquema alrededor del que se construye el DDP. El DGP no representa exactamente lo que está involucrado en estas actividades de producción, ni tampoco la forma en que se realizan. En vez de amplificar el DGP, se puede seleccionar una o más operaciones e inspecciones lo suficientemente complejas como para exigir clarificación. Estas pasan a ser el objeto de diagramas más detallados. Después del examen en las primeras etapas de la investigación, el DGP se usa de nuevo como base para el sumario del nuevo método propuesto. En este sumario se incorporan las amplias modificaciones del proceso, que más tarde se detallan en un DGP.

El DDP representa no sólo "las operaciones claves" involucradas, sino las inspecciones y operaciones de "preparar" y "guardar", así como los "retrasos," "almacenamiento," y "transporte." En el Apéndice B se muestra el diagrama utilizado en el estudio de Tailandia y se detalla la forma de hacer un diagrama.

El diagrama de barras se puede usar para mostrar la secuencia de operaciones en cualquier proceso en una escala de tiempo. Este método se utilizó para demostrar los beneficios derivados de una variedad de mejoramientos del proceso que los investigadores tailandeses, por ejemplo, intentaban poner en práctica en sus fábricas.

Hay mucha información sobre el tema de los diagramas de barras (o diagramas Gantt, como se les conoce corrientemente) en una cantidad de manuales de

ingeniería industrial. Los diagramas de barras, generalmente usados para ayudar a preparar calendarios de actividades de producción, son útiles también para identificar los atolladeros en un proceso. El ejemplo simplificado del Apéndice B muestra lo que puede ocurrir cuando un proceso se mejora reduciendo el tiempo perdido por los atolladeros. Es importante señalar que las operaciones separadas no pueden considerarse aisladamente.

Muestreo cronométrico

El muestreo cronométrico es un método para calcular el porcentaje de tiempo típico de trabajo que toman diversas actividades humanas o de máquinas. Es un instrumento valioso para determinar pérdidas de tiempo o trabajo improductivo y, así, introducir mejoras. Mediante un sistema de muestreo basado en conceptos estadísticos, proporciona una forma barata y precisa de obtener información concreta sobre una operación, proceso, ciclo de máquina o cualquier otra forma de trabajo.

En pocas palabras, para llevar a cabo el muestreo cronométrico se observa a un empleado o máquina en acción, a intervalos aleatorios durante el día, y se registra exactamente lo que sucede en el período que dura la observación. Se hace un resumen diario de las observaciones y se agrupan las que sean afines. Después de observar el ciclo de trabajo por varios días, las observaciones empezarán a configurarse de forma tal que indicarán la proporción del tiempo total dedicada a cada actividad durante el período estudiado por el muestreo cronométrico. El análisis de actividades que toman más tiempo puede ayudar a identificar un atolladero u oportunidades con el fin de aumentar la producción, utilizar mejor la mano de obra, etc. En el Apéndice B se explica el método para realizar el muestreo cronométrico.

La ley de Pareto

También puede ser útil tener en cuenta los conceptos básicos de "la ley de Pareto". Esta ley establece que, "en un conjunto de elementos cualquiera que se va a controlar, una pequeña fracción seleccionada del número de elementos crea una fracción grande, en términos del efecto." Por ejemplo, una vez diseñado un diagrama o terminado el muestreo cronométrico será posible identificar una o dos partes del proceso que consumen una proporción considerable de tiempo. Un ahorro porcentual pequeño en estas operaciones tendrá un efecto mayor sobre el proceso que un ahorro porcentual semejante en una operación que no consuma tanto tiempo. De forma similar, el análisis de los costos de producción puede de esta manera revelar cuáles son las actividades más costosas.

Análisis económico

La responsabilidad de obtener información sobre las características económicas y financieras de una empresa (y de hacer el subsecuente examen económico y evaluación tecnológica) debería recaer, en lo posible, en una persona con preparación en el campo de la microeconomía. En la mayoría de los casos esto significará un economista, pero hay muchas otras profesiones que tienen la preparación académica necesaria para hacer el trabajo, como por ejemplo las profesiones con estudios técnicos en ingeniería, particularmente ingeniería industrial; técnicos de los alimentos; investigadores de operaciones; especialistas en administración de empresas; contadores; etc. Sin embargo, cualesquiera que

sean los estudios hechos por la persona responsable de hacer el análisis microeconómico, esa persona debería ser un miembro activo, a tiempo completo, del equipo de investigadores. El análisis económico no se puede hacer completamente separado del resto de la investigación científica y tecnológica de los otros miembros del equipo.

El economista del equipo investigador debe contribuir a dar un carácter totalizador a la comprensión que el equipo se forme de la empresa de elaboración alimentaria, ya que sus determinantes y limitaciones a menudo son de orden económico o financiero, no sólo tecnológico. La función del economista no consiste sólo en recibir un conjunto de datos experimentales sobre el proceso existente, sino de participar en la formulación original de los experimentos mismos, así como en la evaluación de las nuevas tecnologías introducidas.

Antes de hacer la primera visita a la planta elaboradora, el economista del equipo debería tener en cuenta que, en la mayoría de los casos, las pequeñas e incluso medianas empresas tradicionales elaboradoras de alimentos son propiedad completamente privada (muy probablemente familiares) y donde el dueño hace de director ejecutivo, y también que los recursos económicos para invertir en las mejoras del proceso provienen de préstamos bancarios o de la familia o de ganancias anteriores.

Es poco probable que una pequeña planta elaboradora de alimentos pueda (o quiera) proporcionar al equipo investigador el desglose detallado de los costos de producción. Sin duda el propietario/gerente tendrá alguna información sobre costos, particularmente respecto a los gastos por concepto de materiales y mano de obra, así como los precios de los productos; tendrá su propia percepción sobre lo que compone el costo total promedio para producir cada unidad. Pero es poco probable que se pueda contar con un estado financiero anual o un cuadro del flujo periódico (semanal o mensual) de dinero en detalle. Sin embargo, será necesario tener una definición de descripción de los costos totales del proceso relativamente detallada y ojalá precisa antes de que el equipo investigador pueda tomar decisiones respecto a las prioridades en la investigación técnica para las mejoras del proceso y en la evaluación de soluciones técnicas alternativas para resolver un problema específico de procesamiento.

En esta etapa de identificación y clasificación de los costos, para describir financieramente la empresa, las preguntas importantes que se deben responder son: ¿cuáles partidas se consideran costos?; ¿en qué parte del proceso se ocasionan los costos?; ¿cuándo se ocasionan esos costos?; ¿cómo se asignan valores específicos a esos costos?; y ¿cómo se deberían distribuir los costos?

- ¿Cuáles partidas se consideran costos? — Los siguientes son los costos normales ocasionados en el procesamiento de alimentos: Plantas y equipos (edificios y maquinaria); costos de materiales (materias primas, materiales de envase); costos de mano de obra (sueldos y salarios); agua; electricidad y combustibles; vehículos y/o costos de transporte; impuestos; y mantenimiento de equipos.
- ¿En qué parte del proceso se ocasionan los costos? — Los costos son directos (específicos de una actividad) o indirectos (no específicos de ninguna actividad). Por ejemplo, el combustible para secar fideos o la mano de obra para embotellar salsa de soya pueden ser directamente asignados a esas actividades, pero el costo anual de los edificios tiene que ser cargado a todos

los componentes principales del proceso y por lo tanto se clasifica como un costo indirecto. Se debe prestar gran atención a los costos directos de material como a mano de obra, planta y equipos, y costos de combustible así como costos indirectos de la planta y equipos. Esto será importante cuando se haga el cálculo de los costos y beneficios marginales comparativos de una nueva tecnología en comparación con el proceso existente.

- ¿Cuándo se ocasionan estos costos? — Aparte de clasificarse en costos directos e indirectos los costos pueden ser fijos o variables. Los costos fijos son aquellos en que se incurre independientemente del nivel de la producción. Mientras la empresa siga funcionando se tendrán que seguir efectuando estos gastos. Ejemplos de costos fijos son los costos de planta, equipos y vehículos. Los costos variables son aquellos costos que varían directamente con la producción, aun cuando no necesariamente en el mismo porcentaje. Algunos ejemplos comunes de gastos variables son costos de materiales, combustibles y mano de obra.

La distinción entre costos fijos y variables es importante porque mientras el precio del producto cubra los costos variables de su producción más el interés sobre el capital tendrá sentido que la fábrica continúe operando comercialmente. La razón es que si cierra completamente todos los costos fijos serían clasificados como pérdida.

- ¿Cómo se asignan valores específicos a esos costos? — Las primeras tres preguntas son bastante básicas, pero la cuarta, cómo se asignan valores específicos a sus costos, es más complicada. Por ejemplo, en relación a la planta y equipos, si el edificio de la fábrica es propiedad del elaborador de alimentos, entonces la amortización anual se calcula normalmente como un abono que se deberá cancelar al final de su vida útil. Si el espacio ocupado por la fábrica se arrienda, entonces se utiliza el arriendo anual. La amortización de planta o equipos se calcula más a menudo de acuerdo al método de cuotas fijas. La amortización anual se calcula dividiendo el costo original del objeto, menos el valor de recuperación, por el número de años de vida útil supuestos. Este método es el más fácil de calcular y comprender. Este es también el método más difundido. También es verdad que la mayoría de los equipos procesadores se amortizan más rápidamente y más pronto que lo indicado por el método de cuotas fijas.

Durante las visitas de fábrica se podrá calcular en forma razonablemente precisa, en términos tanto de cantidad como precio, los costos de materiales, mano de obra, combustible, etc., revisando los recibos de pago de los últimos seis meses (probablemente de las cuentas personales del propio dueño). La información sobre cantidades proveniente de los recibos debería, por supuesto, suplementarse con observaciones detalladas del procesamiento efectivo para relacionar las cantidades de insumos utilizados con la cantidad de productos producidos por unidad de tiempo.

En cuanto al mantenimiento de equipos, la información deberá obtenerse preguntándole al dueño, haciendo investigación, haciendo observaciones o usando la experiencia anterior sobre el desgaste y/o mantenimiento de equipos por un período de varios meses, o usando un cálculo aproximado de 5-15% del precio de compra del equipo, según su edad y complejidad. Es difícil que el dueño dé información sobre los impuestos. El economista, después de calcular los ingresos

anuales totales y los costes totales, deberá aplicar sobre la diferencia lo que se considera la tasa tributaria normal sobre las utilidades comerciales.

- ¿Cómo se deberían distribuir los costos? — El procedimiento para distribuir los costos indirectos entre los principales componentes del procesamiento es a menudo una tarea difícil y que toma tiempo (además de decidir si un costo es fijo o variable y establecer los valores de unidades de costo). Es probable que la mayoría de las pequeñas y medianas empresas procesadoras de alimentos en los países en desarrollo no tengan otros costos indirectos aparte de la amortización anual de la planta o arriendo, el salario del dueño, electricidad para iluminación, etc. Sin embargo, en algunos casos éstos pueden ser cuantiosos. El más importante de ellos será la suma cargada por concepto de planta y algunos equipos. Aquí se pueden aplicar algunas pautas generales simples. En el caso de planta y equipos, el costo se puede asignar proporcionalmente a la superficie total dedicada a cada uno de los principales componentes del procesamiento. Lo mismo rige para los costos generales de electricidad para iluminación. Se recomienda que el economista del equipo no dedique demasiado tiempo a la cuestión de la distribución de los costos indirectos excepto en las partidas recién mencionadas. Una mayor exactitud no vale la pena debido al excesivo esfuerzo que se tiene que hacer y el escaso tiempo disponible.

Lo anterior es válido en el caso de una fábrica que produzca un solo producto. Sin embargo, cuando se considere la posibilidad de más de un producto (p.ej., en una panadería), la determinación del costo total promedio por unidad de producción se hace más difícil y la interpretación del resultado debe ser ponderada cuidadosamente en lo que respecta a la decisión de disminuir la producción de algunos productos y aumentar la producción de otros. La Tabla 1 ilustra un caso hipotético de una pequeña panadería que produce cuatro productos.

En este caso, la panadería produce cuatro productos, A-D. Los costos directos variables se asignan directamente a cada producto y los gastos generales (costos fijos que no se pueden asignar directamente) se distribuyen sobre la base de ingresos brutos de ventas o unidades producidas. Es importante notar aquí que los ingresos brutos totales (EBT) y el costo total (CT) de la empresa son iguales,

Tabla 1. Contribución hacia los costos fijos y distribución de los costos fijos en una pequeña panadería que produce cuatro productos.

	Productos				
	A	B	C	D	Total
Precio	100	80	50	20	
Número de unidades producidas	120	150	200	300	
Ingresos brutos totales	12 000	12 000	10 000	6 000	40 000
Costos variables por unidad	60	40	40	10	
Total de costos variables	7 200	6 000	8 000	3 000	24 200
Contribución	4 800	6 000	2 000	3 000	15 800
Costos fijos					
Distribución en base a los ingresos brutos de ventas	3 000	3 000	2 500	1 500	
Utilidades	1 800	3 000	(500)	5 800	

Nota: Las cifras totales son cifras redondas.

independientemente del método de distribución elegido, y las utilidades totales en cada caso alcanzan a 5800. Cada producto hace una contribución positiva hacia el costo fijo, pero al tratar de distribuir el costo fijo según EBT, el valor del producto C resulta cuestionable y la empresa considerará abandonar su producción. Según el método de distribución por unidades producidas ambos productos C y D parecen dar pérdida. Pero si se dejan de producir estos productos la empresa, de todas maneras, tendrá que sufragar el costo total fijo, $10 000, y entonces dejaría de percibir la contribución de C y D equivalente a $5 000 ($2 000 + $3 000).

De la observación de los datos en la Tabla 1, se podría argumentar que incluso sobre la base de la diferencia de precio y costos variables, los productos A y B deberían aumentarse y los de C y D disminuirse porque la diferencia es 40 para A y B y sólo 10 para C y D.

Una vez que se identifican y clasifican los costos, es útil preparar un presupuesto general anual de costos de la fábrica. La Tabla 2 da un ejemplo hipotético de una pequeña empresa elaboradora de alimentos.

De la observación de la tabla uno puede apreciar rápidamente la importancia que tiene asegurar que el proceso desperdicie el mínimo de materia prima en la elaboración y almacenamiento del producto final (porque éste es el centro del costo marginal) y pueda utilizar la mayor cantidad posible del insumo de materia prima en el producto final. Por ejemplo, si la eficiencia del uso de la materia prima en la elaboración por unidad del producto final se pudiera mejorar en un 5%, esto podría significar un ahorro bruto de $8 000, equivalente a 2,4% del costo existente. Para una pequeña empresa, que sobrevive a base del volumen de producción y un pequeño margen de utilidad, una reducción de 2,4% en los costos resulta significativa. Otro ejemplo sacado del café en una zona rural de Guatemala ilustra los costos relativos de cada proceso de operación (Tabla 3).

El segundo paso para hacer el análisis inicial de los costos anuales y el rendimiento de una fábrica es el balance de ingresos. Generalmente, éste es mucho más fácil de hacer que un presupuesto o cálculo de costos. La Tabla 2 muestra estos costos para la misma fábrica hipotética. Para simplificar las cosas, los ingresos consisten en sólo dos partidas: el valor de las mercancías vendidas y el valor del movimiento de existencias de mercancías terminadas no vendidas. Esto indica una utilidad bruta (antes de los impuestos) de $56 425.

El próximo paso es un análisis general de estos resultados utilizando algunos criterios económicos. El equipo investigador puede hacer este análisis para identificar áreas donde se pueda progresar mediante el perfeccionamiento de aspectos específicos del proceso como un patrón de medida que sirva para comparar el rendimiento financiero general de la fábrica después de introducir ciertas mejoras técnicas y comparar una fábrica determinada con el rendimiento de otra o fábricas similares (de esta manera los investigadores pueden aislar áreas en el proceso donde haya una alta probabilidad de mejorar el rendimiento de la fábrica debido a que existe un mejor rendimiento en otras fábricas). Otra vez, la Tabla 3 indica algunos de los principales criterios que se puedan usar.

Definición de áreas problemáticas

Es esencial que a medida que el problema se enfoque con mayor precisión y esté listo para una definición final (mediante la aplicación de los procedimientos

Tabla 2. Total de costos de producción desde el 1 de enero al 31 de diciembre.

	Cantidad	Precio por unidad	Costo/ ingresos	% del costo total
Costo anual de operación ($)				
Costos variables				
Materia prima procesada	2 000+	80	16 000	47
Materiales de embalaje	10+	100	1 000	<1
Combustible (galones)	12 000	3,50	42 000	12,3
Mano de obra (horas)	23 000	3,00	69 000	20
Agua (galones)	20 000	0,05	1 000	<1
Embarque	265	25	6 625	2
Costos fijos				
Salarios de administradores			12 000	3,5
Salarios de técnicos			8 000	2,4
Amortización de la planta (o arriendo)			12 000	3,5
Amortización de la maquinaria			15 000	4,4
Mantenimiento			7 500	2,2
Interés sobre préstamos de capital			2 700	<1
Iluminación			15 000	<1
Tributos a la propiedad y comerciales			1 000	<1
Materiales de oficina			300	<1
Costo total			339 825	
Producción anual e ingresos ($)				
Producción vendida	315 000	1,25	393 750	
Cambio en inventario	2 000	1,25	2 500	
Valor total de la producción			396 250	

Indicadores económicos seleccionados

Utilidad bruta (antes de pagar impuestos) = 396 250 – 339 825 = 56 425

Tasa de rentabilidad sobre el costo de operación = 56 425 / 33 9825 = 16,6%

Tasa de rentabilidad sobre la inversión = 56 425 / 150 000[a] = 37,6%

Producción por hora de trabajo[b] = 31 700 / 23 000 = 13,8

Valor de la producción por hora de trabajo[b] = 396 250 / 23 000 = 17,2

Número de unidades de producción por tonelada de materia prima = 317 000 / 2 010 = 157,7

Cantidad de trabajo necesario por unidad de producción[b] = 23 000 / 317 000 = 0,073

Costo de la mano de obra por unidad de producción[b] = 69 000 / 317 000 = 0,22

Cantidad de materia prima por unidad de producción = 0,0063+ (ó 6,34 kg)

Costo de materia prima por unidad de producción = 0,51

[a] La inversión inicial total en activos fijos. En este caso, solamente equipos, suponiendo una amortización de cuotas fijas y un promedio de vida útil de 10 años para la maquinaria.

[b] Sólo mano de obra asalariada.

anteriormente descritos) se haga un resumen de los criterios utilizados para fijar los límites de toda investigación. Este resumen, es decir, "el ámbito del estudio", describe en forma sucinta las bases sobre las cuales se estructurarán los análisis y partiendo de las cuales se podrán evaluar los resultados conseguidos. El principal objetivo es establecer los parámetros fundamentales dentro de cuyos límites se realizará el trabajo.

El ámbito necesario para investigar todo proceso debe consistir en, por lo menos, los cinco puntos siguientes. Es necesario que éstos se puedan verificar

Tabla 3. Costo en el procesamiento rural del café en Guatemala.[a]

	Q[b]	Costo/unidad producida	%
Costos de producción			
Mano de obra	1 093,73	42,26	30,24
Supervisión	192,50	7,44	5,32
Electricidad	125,72	4,86	3,48
Combustibles	157,67	6,09	4,36
Agua	70,04	2,71	1,94
Mantenimiento	75,00	2,90	2,07
Gastos fijos			
Amortización de plataforma secadora	20,33	0,79	0,56
Arriendo	500,00	19,32	13,83
Gastos generales[c]	463,38	17,90	12,81
Desembolsos generales			
Administración	138,84	5,36	3,84
Transporte a Palín (centro de recolección)	779,13	30,11	21,54
Costo total	3 616,34	139,73	100,00

[a] En el ejemplo guatemalteco, en la sección de Informes al Seminario de Países se dan detalles de este proceso.
[b] Q1 = $1,00 estadounidense.
[c] Incluye gastos de guardián, vigilante y otros gastos.

desde distintos puntos de vista (organizacional, económico, técnico, etc.), lo cual significa que se debe contar con suficiente información concreta para permitir que resistan el examen más minucioso. Dentro del ámbito básico se deberán incluir los siguientes aspectos:

- Finalidad — Una descripción de los objetivos del trabajo a realizar.
- Alcance — Una descripción de los límites del trabajo que satisfaga las necesidades de la finalidad del estudio.
- Diagrama esquemático del proceso — Es un diagrama que describe el proceso investigado en un esquema claro y usando una escala de nivel apropiado.
- Identificación de la actividad clave — Esta actividad es la operación fundamental alrededor de la cual se organizan todas las demás actividades en el proceso.
- Definición del resultado conseguido — Es una frase breve y simple que describe el "resultado final" originado por la "operación clave."

En todo proceso hay operaciones que controlan todo o una porción fundamental de la totalidad. Estas operaciones se llaman operaciones claves y pueden ser definidas como aquellas operaciones que, si se eliminasen, se eliminaría todo o una porción fundamental del proceso. Todas las demás operaciones son una preparación para realizar la(s) tarea(s) descrita(s) por la operación clave o una conclusión del trabajo después de que se realiza esa operación. Para simplificar la terminología

llamaremos a estas operaciones actividades de "preparación" y "terminación." La operación clave se llamará "operación de realización."

En el procesamiento de alimentos es posible que sea necesario considerar varias operaciones claves de manera que sea necesario ordenarlas según el nivel de prioridad. Este podría ser un enfoque útil en algunas situaciones problemáticas, pero es posible que para identificar las actividades prioritarias se puedan usar otros enfoques teniendo en cuenta listas de verificación, análisis de costos y otra información adicional de este tipo.

Para ejemplificar la identificación de una "operación clave", se ha escogido una operación de fábrica realizada en una pequeña planta de Sri Lanka que consiste en el embalaje "papadams" (un refrigerio crujiente hecho a base de una legumbre) que se ha sacado de un estudio presentado en el seminario. En la Fig. 4, la operación clave es la que se hace cuando el operador pone los "papadams" en la bolsa de plástico. Si esta acción se alterase, cambiaría la totalidad del proceso. Por ejemplo, si se decidiera empaquetar el producto en forma mecánica o incluso, por la razón que fuera, no empaquetarlo de ninguna manera, entonces habría que introducir cambios fundamentales en el proceso existente. En este caso, si se eliminara la operación de empaquetar entonces el proceso en su totalidad, antes de la inspección de calidad y cálculo del peso hasta la selladura térmica y embalaje, sería completamente innecesario. Todas las operaciones antes de empaquetar constituyen la "preparación" para empaquetar y todas las operaciones subsecuentes, el "término" o conclusión del proceso.

La "definición del resultado conseguido" no es una descripción de lo que se hace durante la operación, sino una ilustración clara del resultado conseguido después de realizar esa acción.

Usando el ejemplo del empaquetado del papadam, la operación clave es "poner en la bolsa de plástico." Esta es la acción realizada pero no es el requisito que se debe cumplir. El requisito es proteger los papadams para mantener la cantidad y el nivel de calidad exigido por el mercado. Obviamente, hay diversas formas de conseguir esto pero la forma escogida es mediante el uso de una bolsa de plástico. El "resultado final" inmediato (o logro) realizado por la actividad descrita en la operación clave, es por lo tanto, el empaquetamiento de una cantidad determinada de papadams (100 g). La definición del resultado conseguido podría representarse en las siguientes palabras "se ha envasado la cantidad requerida de papadam". No debe describir el objetivo de la actividad. Responde a la pregunta de "por qué" se realiza la actividad, por ejemplo, "se ha obtenido la duración del alimento en estantería exigida por el mercado," no es el resultado conseguido — es el objetivo del resultado. Debe representar sólo lo que se ha conseguido; no la razón de por qué, quién, cómo, dónde, o cúando se ha conseguido. Este enfoque permite explorar ideas sobre las diferentes formas de conseguir el resultado como un medio para identificar las posibles mejoras.

Identificación de problemas en una pequeña empresa

Después de tomar contactos con una pequeña empresa, de visitarla y describir y analizar sus operaciones, se encontrará que los problemas existentes serán de gestión o de orden técnico o una mezcla de ambos. La Figura 5 ilustra los pasos a

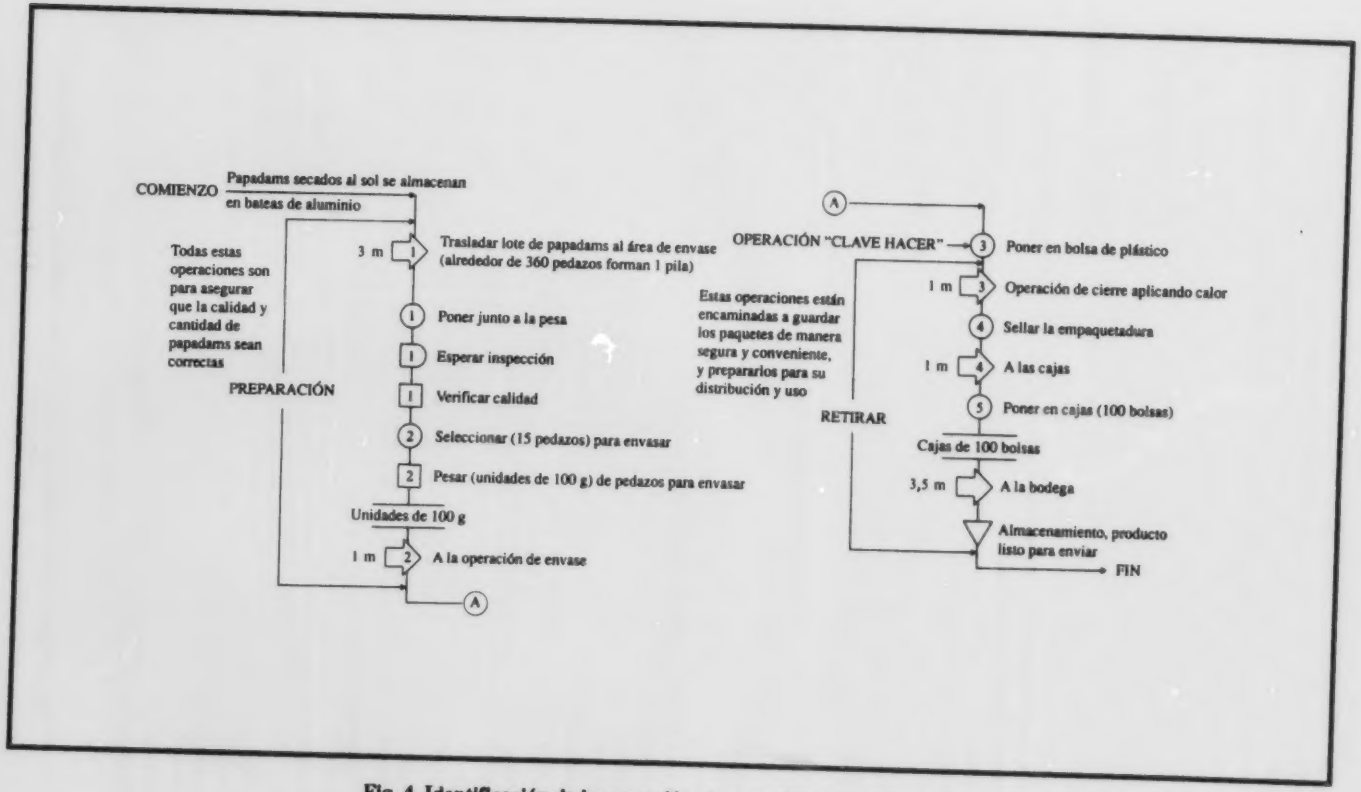


Fig. 4. Identificación de la operación clave en el envase de papadams.

seguir desde el momento en que se considera introducir mejoras en cualquier situación. El siguiente paso a seguir se puede aplicar detalladamente hasta llegar a un enfoque general y amplio, dependiendo de circunstancias específicas. El diagrama constituye una pauta útil a seguir, que permite a las personas involucradas en la actividad de mejoramiento saber de vez en cuando dónde se encuentran y comprender el progreso realizado.

La Figura 5 ilustra también los principales segmentos del proceso inicial de identificación de problemas: la identificación y recopilación de datos concretos sabidos o disponibles y el procedimiento de selección y razonamiento con que se definen los sectores prioritarios donde introducir mejoras y que exige la especificación del ámbito que determinará el alcance y el desarrollo del estudio, lo que conduce a identificar un método sistemático y estructural para encontrar soluciones. El punto de contacto de los investigadores con la empresa y las primeras visitas de fábrica permiten la identificación de los problemas o sus síntomas. La tarea de los investigadores es hacer un diagnóstico a partir de esos síntomas; se necesita la mayor cantidad de información posible sobre la empresa.

El estudio inicial permitirá identificar una serie de limitaciones que ejercerán influencia sobre la estrategia para introducir mejoras porque éstas deben respetar las limitaciones para una ejecución exitosa. En caso de que hubiera conflicto, se

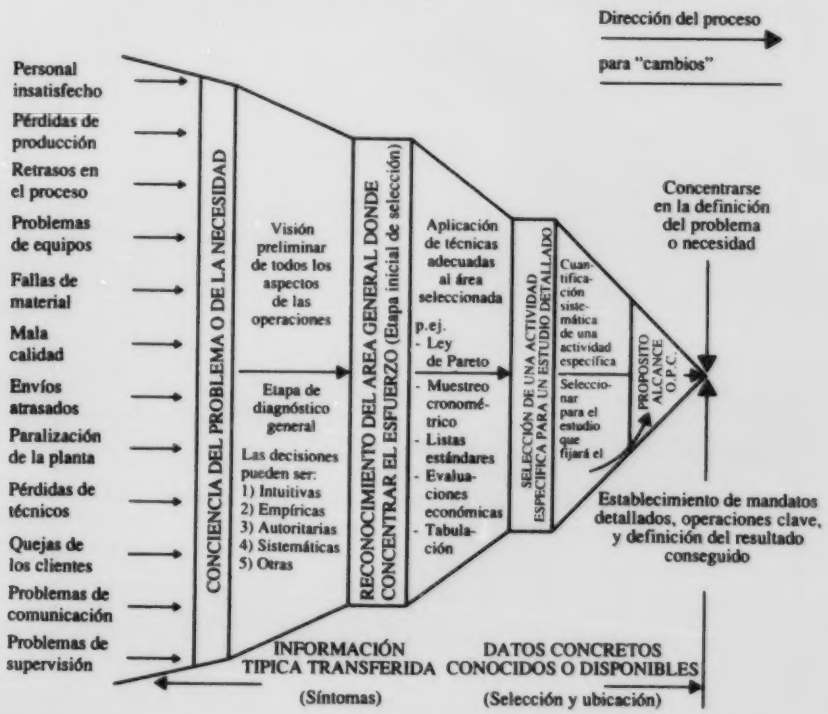


Fig. 5. Marco estructural para el proceso de identificación del problema.

haría una evaluación dentro de la compañía para determinar si esa limitación se puede eliminar o no.

Identificación de prioridades para introducir mejoras

Después de obtener información sobre las limitaciones, el investigador pasa a definir las diversas áreas de procesamiento en que trabaja la compañía. Si la administración de la empresa o los estudios previos no hubieran sugerido todavía un área problemática, existen procedimientos sistemáticos para identificar las áreas donde la introducción de mejoras significará mayor beneficio para la compañía en términos de su objetivo.

En general, el objetivo consistirá en aumentar utilidades, reducir costos o ambas cosas a la vez. Esto se podría conseguir, por ejemplo, mediante una reducción en la cantidad de energía utilizada o su costo, reducción en la carga de la eliminación de desperdicios o reducción de la mano de obra. La ley de Pareto puede ser útil para seleccionar las áreas donde centrar la atención (clasificación de las actividades, productos, ideas para identificar las pocas áreas vitales y las muchas que son triviales). En una compañía donde se fabriquen varios productos, 10-15% del número total de éstos produce quizás 80% de las utilidades de la compañía. Es importante entonces identificar aquellos pocos productos o actividades del procesamiento, máquinas individuales, etc. que tienen el efecto mayor sobre el total de las utilidades de la compañía, costos y problemas y concentrar de esta manera los esfuerzos de la investigación en esas áreas. Se pueden utilizar varios métodos (Tabla 4).

En muchos casos, por supuesto, el investigador responde directamente a un

Tabla 4. Algunos procedimientos para identificar áreas prioritarias donde introducir mejoras del proceso.

Método	Descripción
1. Análisis de rentabilidad	Cálculo de contribución de cada producto a las utilidades anuales
2. Análisis de costos	Contribución al costo de producción/costo normal de cada centro de costo
3. Verificación de recursos energéticos	Contribución de las operaciones de producción y actividades de la empresa al costo energético total
4. Control de la calidad	Contribución de cada unidad de producción al promedio total de defectos
5. Control del proceso	Acontecimiento relativo de situaciones fuera de control por cada producto/unidad de producción
6. Verificación de labores de mantenimiento	Contribución de cada máquina al costo/tiempo general de mantenimiento
7. Muestreo cronométrico	Tiempo y mano de obra utilizada en cada operación

problema específico en su calidad de técnico asesor para resolver problemas, de manera que el área problemática ya estaría definida. Generalmente, en este tipo de situación, una vez que se resuelve el problema específico, no se toma el tiempo necesario para identificar otra posibilidad de mejoramiento en la compañía y reducir así su vulnerabilidad en el futuro. En cualquier caso, después de aprobarlo con la administración de la empresa, se elige el área problemática que tenga las mejores posibilidades de mejoramiento para su estudio detallado.

Descripción de las operaciones de procesamiento

Cuando el área estudiada es un producto individual o una secuencia del proceso, se debe hacer un diagrama detallado del proceso de producción donde se describan los pasos del proceso en su secuencia lógica (Fig. 2). Junto con este diagrama puede ser necesario anotar otros factores según los objetivos que se tengan:

- Condiciones del proceso en cada operación — horas, temperaturas, presiones, etc. — es decir, especificaciones del proceso;
- Procedimientos de control de la calidad en cada punto de control — metodología, muestreo, criterios de aceptación y rechazo;
- Personal necesario en cada etapa, tomando nota de las condiciones de trabajo y posibilidades de mecanización;
- Equipos o maquinaria en cada punto anotando la función, eficiencia y posibles mejoras; y
- Disposición, mostrando la dirección del flujo del proceso industrial.

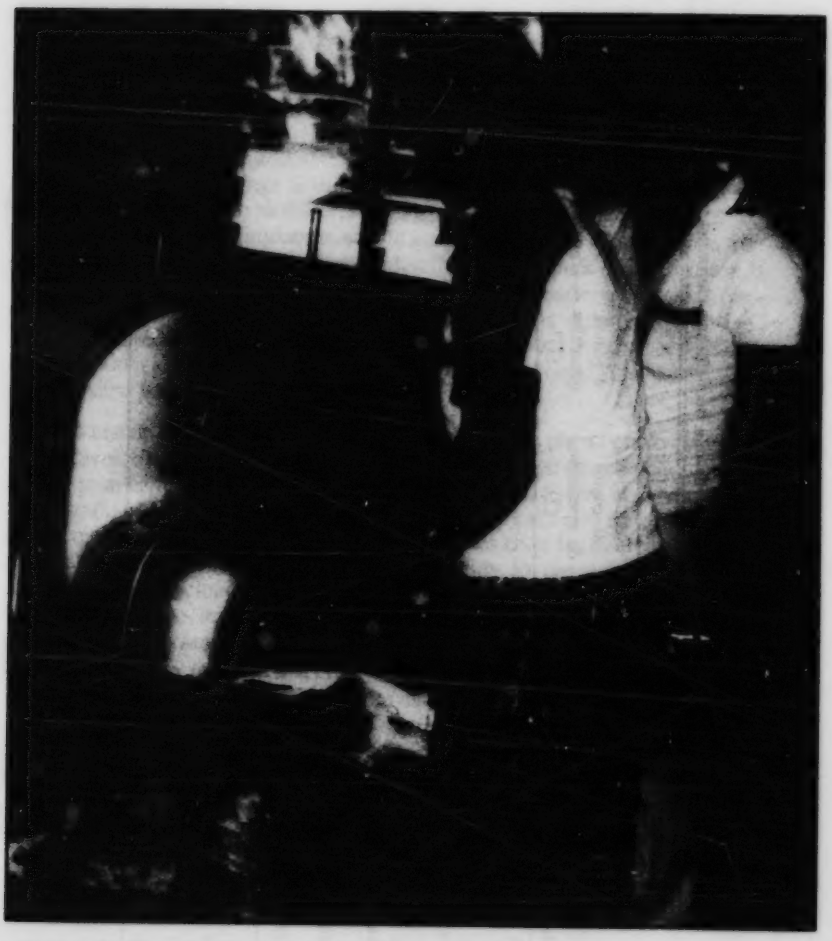
Finalmente, el investigador debería preparar un balance de volumen de todo el proceso que señale el volumen total de materiales que entran y salen en tantos puntos de la operación clave como sea posible. A menudo esto permite identificar puntos donde es posible introducir mejoras que podrían aumentar la producción en forma inmediata y fructífera. Provisto con esta información y estas observaciones uno puede localizar un número de puntos críticos u operaciones en el proceso donde hacer un trabajo de mejoramiento detallado.

Selección

Después de hacer una serie de visitas a la fábrica, entrevistas con los directores y recopilación de datos en la fábrica, se puede derivar una lista de áreas problemáticas u opciones para el mejoramiento de la planta, a partir del análisis de áreas de administración tales como programación de la producción, existencias, los principales centros de costos en las operaciones donde existen posibles aumentos de las utilidades o mediante la identificación de operaciones técnicas en el proceso donde se puedan introducir mejoras.

El paso siguiente es poner las actividades en orden de prioridad y determinar cuál sería la actividad que convendría terminar primero. Es importante conseguir la participación del administrador en este procedimiento para seleccionar una actividad de investigación de mutuo acuerdo, definiendo por ejemplo, los criterios importantes para la empresa, es decir, los factores objetivos y limitaciones que determinarán si será posible ejecutar las mejoras en la planta y el grado y tipo de beneficio esperados.

Cada acción posible puede evaluarse aplicándole cada uno de estos criterios para seleccionar aquella que tenga el mayor potencial con que comenzar el trabajo de mejoramiento. Los criterios típicos que se utilizan son: mejoramiento de la calidad, aumento de la capacidad, reducción de los costos de operación, minimización de los costos de operación, minimización de los costos de inversión, evaluación de los efectos sobre la mano de obra necesaria, aumento de las utilidades, minimización de los costos de investigación, evaluación de disponibilidad de materia prima, etc. El equipo investigador discute estos criterios con el administrador para elegir los factores más decisivos. A menudo, se ordenan jerárquicamente según el grado de importancia y se les asigna un valor relativo a



En las fábricas pequeñas, algunas operaciones mecánicas son importantes como por ejemplo esta operación de dividir la masa en una planta de galletas a base de pescado en Malasia.

Tabla 5. Muestra de la tabla de selección final de una pequeña panadería usando puntajes (1 es el puntaje más alto).

Mejoras	Criterios						Total
	Aumento de ingresos (1)	Reducción de costos de operación (2)	Contribución a gastos generales (3)	Costos de capital necesarios (4)	Costos de investigación (5)	Efectos sobre la calidad (6)	
A. Reducir el tiempo de horneado	7	1	7	3	3	7	28
B. Reducir la mano de obra necesaria para mezclar	7	3	7	5	4	6	32
C. Reducir la cantidad de unidades rechazadas	3	7	3	4	5	1	23
D. Reducir atolladeros	7	2	7	7	6	5	34
E. Considerar la introducción de nuevos productos	2	7	2	6	7	2	26
F. Considerar aumento de los precios de los productos	1	7	1	1	1	2	13
G. Reducir la distribución de costos	7	7	7	2	2	2	26

cada uno para reflejar la importancia proporcional que tienen los diversos criterios respecto a los objetivos de la administración.

Cada área alternativa donde se pueden introducir mejoras se evalúa según cada criterio y se obtiene una evaluación total. Esta evaluación podría ser un simple sí o no, por ejemplo, ¿está en contradicción con el criterio, o una clasificación o un puntaje usando una escala de 10 puntos o está dentro del valor de ponderación máximo? Hay varios enfoques. El grado de detalle usado depende principalmente del tipo de decisión necesario en este ejercicio de selección cuantitativa. En una etapa temprana, la ordenación jerárquica y la evaluación bastan porque esencialmente se están usando datos cualitativos para seleccionar un área que se investigará en forma más detallada. Por ejemplo, en etapas más avanzadas del trabajo de mejoramiento, cuando se analizan opciones específicas de equipos, se tendrán que observar en más detalle los datos cuantitativos de costos, mantenimiento, volumen de material elaborado y temas de capacitación con los cuales hacer una selección más crítica.

A modo de ilustración del procedimiento de puntaje, después de visitar una pequeña panadería y discutir su operación, el análisis de la información indicó ciertas opciones donde introducir mejoras: reducir el tiempo de horneado, reducir la mano de obra necesaria para la mezcla, reducción de la cantidad de unidades rechazadas, reducción de atolladeros durante el embalaje, considerar la introducción de nuevos productos, considerar el aumento de los precios de los productos, y reducción de los costos de distribución. Después de discutir con la administración, se llegó a la siguiente lista de criterios donde se reflejaban los objetivos y limitaciones que afectan las mejoras deseadas, ordenados según su grado de importancia. Aumento de ingresos, reducción del costo de operación, contribución a los gastos generales, costos de inversión, costos de investigación y efectos sobre la calidad.

Cada una de las ideas de mejoramiento fue calificada por su grado estimado de efecto favorable sobre criterio. Es útil involucrar un grupo de personas, dentro de las que se debe incluir el administrador, en la selección. Nunca se debe utilizar la calificación promedio de las calificaciones dadas por cada uno de los individuos en el grupo porque esto borra las diferencias existentes entre las diferentes opciones de manera que no se puede hacer una elección definida. En cambio, después de discutir las calificaciones de cada individuo se debería llegar a una calificación por consenso del grupo. Para ayudar a hacer la calificación se debe incluir en la discusión, cuando sea posible, cálculos de costos, utilidades e información sobre materias técnicas y relativas a la comercialización, etc. Como se muestra en la Tabla 5, el área identificada como el área más apropiada donde introducir mejoras esenciales fue "F", investigación de las oportunidades para aumentar el precio de los productos de la panadería, lo que significa nuevos métodos de comercialización, qué nivel de aumentos puede ser posible, etc.

Técnicas de resolución de problemas

Reuniones de generación de ideas

No hay un modelo único que se pueda usar para generar ideas que resuelvan los problemas identificados como prioritarios; sin embargo, la técnica más simple y más popular utilizada quizá sea la reunión para generar ideas. Se debería formar un

equipo de probablemente 6 a 12 participantes. Algunos de ellos deberían tener conocimiento del problema y experiencia previa en este tipo de reuniones. Se debería presentar un esbozo del problema para que los miembros puedan hacer preguntas con el objeto de aclarar el tema. El paso siguiente es reformular el problema de diversas maneras. Se debería poner por escrito el resultado conseguido o la situación problemática. Los miembros deberían entonces hacer sugerencias o plantear ideas para lograr el objetivo o solucionar el problema, sin importarles lo ridículo que puedan parecer. El intenso intercambio que se crea hace que una idea provoque otras hasta obtener una larga lista de proposiciones.

Las ideas se deberían organizar clarificándolas por materias (p.ej., finanzas, capacitación, ingeniería, personal, o quizás en otro contexto, nacional, exportación, doméstico, industrial). Las ideas se deberían agrupar bajo los diferentes títulos y ser racionalizadas, es decir, combinadas, eliminadas, aclaradas, expandidas, agregándose ideas que partan del grupo. Entonces, si no se ha hecho en la etapa de definición, se deberían establecer los criterios de aceptabilidad para pasar al proceso de selección, similar al que se ha descrito anteriormente, para que habitualmente un equipo más pequeño decida cuáles parecen ser las mejores ideas (probablemente no más de un 5%).

Experimentación: investigación de mejoras

Después de haber determinado una operación específica o un área problemática donde introducir mejoras en una planta procesadora o después de que se hayan sugerido ideas concretas, es necesario poner en práctica un programa de investigación práctica con el objeto de encontrar una solución satisfactoria. Esto implica un cierto grado de experimentación o investigación. Siempre que sea posible la mayor parte de esta investigación, se debería realizar en la planta, o, por lo menos, contar con la participación del administrador en la toma de decisiones para asegurar que la solución sea adecuada y realizable.

Con el objeto de reducir la desorganización de los calendarios normales de producción, la investigación debería ser eficaz en cuanto al uso del tiempo, debiendo lograr un compromiso entre el rigor científico y la necesidad de definir rápidamente una mejora. En relación al trabajo técnico, sería conveniente contar con actividades de apoyo en el laboratorio. Las investigaciones deberían ser sistemáticas para reducir los riesgos del investigador, y rápidas para que el industrial no sufra la frustración de tener que esperar interminablemente hasta que los estudios entreguen resultados tangibles. Afortunadamente, el investigador dispone de una variedad de técnicas sistemáticas.

Normalmente la experimentación tiene éxito como resultado de una cuidadosa planificación y la dirección sistemática del trabajo hacia una meta predeterminada. En consecuencia, se recomiendan los siguientes pasos:

- Definición del problema — Se debería describir brevemente lo que se intenta lograr con los experimentos, por ejemplo, se debe mejorar la calidad y cantidad del pescado seco producido.
- Fijar objetivos — Saber exactamente lo que se tiene que aprender durante el experimento, por ejemplo, definir las condiciones óptimas para secar el pescado.
- Planificación de los experimentos — El técnico debe primero definir las variables del producto generado, es decir, los factores que cambian como resultado de una modificación del proceso; en el secado de pescado, las variables del producto generado pueden incluir color del pescado, productividad y capacidad de rehidratación. El experimentador debe decidir cuáles son las variables importantes del producto generado y la forma de medirlas. A continuación se deben definir las variables del insumo o proceso, por ejemplo, tiempo, temperatura, capacidad de la secadora, etc.
- Experimentación — El experimentador debe determinar el efecto que tienen las variables del proceso sobre las variables del producto generado, por

ejemplo, ¿en qué forma se ve afectado el color del pescado por la temperatura de la secadora? Esto se logra normalmente modificando de manera sistemática cada una de las variables del proceso y observando los cambios provocados en el producto. La variación de cada una de las variables del proceso puede consumir mucho tiempo. El experimentador dispone de técnicas específicas para el diseño de experimentos, destinadas a asistirlo en este aspecto.

- Ejecución — Una vez que se ha hecho el plan del experimento es importante que se realice el experimento en forma precisa. No se deben cambiar las variables del proceso que se hayan fijado –incluso cuando los resultados no correspondan a lo esperado.
- Análisis de los resultados — Después de cada experimento se debe tener cuidado de anotar y analizar los resultados antes de proceder con el experimento siguiente. Si se usa un experimento estadístico, se debería completar un análisis total para demostrar la significación de los efectos que tiene cada una de las variables del proceso. A menudo es útil la interpretación gráfica.
- Acción — Si los objetivos se han fijado en forma adecuada, los experimentos deberían conducir a algún tipo de acción relacionada con los objetivos. Cabe la posibilidad de que los objetivos se hayan alcanzado o posiblemente sea necesario realizar más experimentos. Es importante que se tomen acciones reales y decisivas en respuesta a los resultados obtenidos en los experimentos. Más importante aún, el proceso de experimentación y la acción resultante deberían ser algo continuo de manera que el mejoramiento del producto y perfeccionamiento del proceso se realice en forma progresiva.

Método para el diseño de los experimentos

En la mayoría de las situaciones industriales es importante que los experimentos sean fáciles de planificar y ejecutar y sean simples de analizar. Evidentemente, no se debería sacrificar el valor de los resultados experimentales intentando conseguir una simplificación extrema de los experimentos. Hay una cantidad de métodos para el diseño de experimentos que satisfacen los criterios de simplicidad de planificación, ejecución y análisis al mismo tiempo que le dan al experimentador información extraordinariamente valiosa sobre los sistemas. A continuación se describen algunos de estos métodos, y en el Apéndice C se presentan estudios de casos en que se aplica cada uno de los métodos.

Experimentos de selección

Uno de los primeros pasos para resolver un problema de desarrollo o de producción consiste en identificar las variables del proceso que afectan en forma decisiva las variables de reacción en estudio. Frecuentemente, la lista de variables potencialmente importantes varía entre 10 y 20. Corrientemente es posible eliminar algunas de estas variables por el conocimiento previo que se tenga o mediante el uso de métodos no estadísticos de selección, pero, a menudo, al experimentador le quedan entre 6 y 10 variables que ponderar. En estas circunstancias el problema puede todavía ser demasiado complejo para resolverlo usando experimentos

factoriales convencionales. En este caso se necesita un experimento que pueda detectar cuáles son los pocos efectos principales con una mínima cantidad de experimentación. Hay varios tipos de experimentos que pueden lograr esto, pero uno en particular, Plackett y Burman, ha tenido éxito en muchas situaciones industriales y tiene fama de ser el más eficaz para seleccionar entre grandes cantidades de variables (el Apéndice C ilustra un estudio de caso de esta técnica).

Experimentos factoriales

Los experimentos factoriales se usan comúnmente para llevar con eficiencia a los investigadores las condiciones más adecuadas de una cantidad de factores en el proceso. La situación más típica permite que cada factor funcione a dos niveles — un nivel alto y uno bajo cuando se estudian dos factores se necesitan 2×2 ó 2^2 ó cuatro experimentos; para tres factores se necesitan $2 \times 2 \times 2$ ó 2^3 u ocho y para cuatro factores se hacen 2^4 ó 16 experimentos.

Es necesario repetir los experimentos por lo menos dos veces para que tengan significación estadística, pero es posible que sólo sea necesario calcular la dirección en que deban cambiarse las condiciones del proceso sin hacer cálculos estadísticos. Por ejemplo, un experimento factorial de 2×2 sobre las condiciones del remojo del fríjol mungo para mejorar la producción de fécula o almidón, señaló que las condiciciciones en D (Fig. 6) eran las mejores; entonces se hizo otro experimento alrededor de D donde se encontró que E era mejor. Se juzgó que el tiempo no era práctico por lo que la realización de un experimento final, FGHI, demostró que H mejoraba considerablemente la producción. Si las diferencias entre los puntos del experimento no están bien definidas, es necesario hacer cálculos estadísticos para determinar cualesquiera efectos e interacciones significativos que sirvan como orientación para futuras mejoras. El Apéndice C ilustra un experimento factorial detallado sobre descascaramiento del caupí.

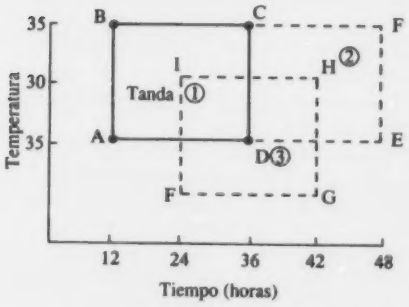


Fig. 6. Representación de tratamientos en un diseño factorial 2^2 sobre los efectos de tiempo y temperatura en el remojo de fríjoles mungos para extraer el almidón.

Operaciones evolutivas (OPEV)

Las OPEV constituyen una técnica para el diseño de experimentos que se puede utilizar para evaluar y mejorar un proceso mientras se continúa llevando a cabo con mínimas interrupciones el proceso de producción para que el producto final todavía sea aceptable para la venta. El análisis de datos no es complicado y los resultados pueden estar rápidamente al alcance de la gente que los necesita más, el personal de producción.

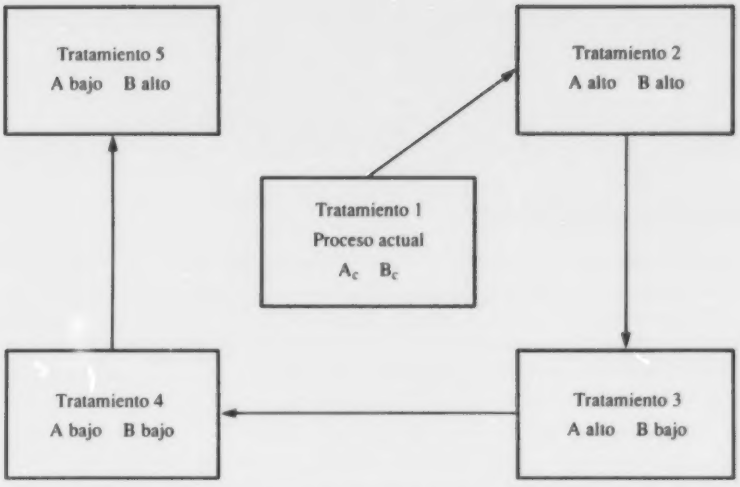


Fig. 7. Procedimiento de operaciones evolutivas (OPEV) para dos variables.

La técnica consiste en introducir pequeños cambios en variables específicas del proceso, para subir o bajar los valores en uso (como se ilustra en la Figura 7) y evaluar los efectos que tienen estos cambios sobre la calidad del producto, productividad, etc. Al cambiar sistemáticamente estas variables del proceso, se puede conseguir un mejoramiento gradual del producto, y se pueden determinar nuevas condiciones de procesamiento. El procedimiento es similar a los experimentos factoriales, pero los cambios que se hacen son mucho menos substanciales. Además, es mucho más conveniente para hacer la investigación durante el proceso. Lo que se busca es siempre orientación sobre la dirección a seguir para obtener un mejoramiento.

Se repiten varios ciclos del proceso de producción en las cinco condiciones. Si no hay diferencias significativas en productividad o calidad, sería apropiado aumentar la magnitud de los incrementos en una o en ambas direcciones. El proceso se repetiría hasta que surgiese una diferencia significativa. En cada ocasión en que se completa un número suficiente de ciclos para justificar el cambio de tratamiento, comienza otra fase del procedimiento OPEV. (El Apéndice C ilustra un estudio de caso de esta técnica).

Experimentos mixtos

En los casos en que se buscan nuevas formulaciones de los ingredientes de un producto para lograr una mejora — ya sea para reducir costos, incorporar ingredientes alternativos o mejorar aceptabilidad o características funcionales — los experimentos factoriales habitualmente no resultan convenientes. Es imposible variar un ingrediente o componente mientras se mantienen constantes los demás. En cuanto se altera la proporción de un componente, se altera también la composición de por lo menos otro componente porque la suma de todos los componentes es siempre 100%. Para enfrentar esta situación se ha desarrollado un

conjunto de planes para hacer experimentos, llamados diseños mixtos. La Figura 8 ilustra un diseño mixto para una mezcla de tres ingredientes. La proporción de cada ingrediente se mide en términos de distancia perpendicular con respecto a su eje.

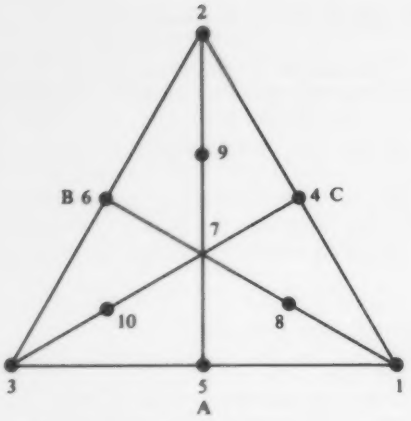


Fig. 8. Espacio de una mezcla de tres ingredientes.

Se puede obtener una representación completa y equilibrada de la mezcla posible de los tres ingredientes tomando mezclas en los vértices (puntos 1, 2, y 3), en los puntos medios de cada eje (4, 5, y 6), y en el punto central (7), y en los puntos medios entre el punto central y cada vértice (8, 9, y 10).

Las mezclas representadas por estos 10 puntos darán una información completa sobre las mezclas posibles. Las variables de reacción tales como la calidad sensorial y el costo permitirán seleccionar las mezclas más útiles. Se pueden hacer menos repeticiones si el experimentador está dispuesto a aceptar menos información sobre el sistema de la mezcla o, alternativamente, se pueden limitar las posibilidades poniendo límites a las cantidades que se usen de uno de los ingredientes. Una de las ventajas del diseño de mezclas es la relativa facilidad para emitir juicios subjetivos sobre la forma de mejorar los productos a partir de una estimación visual de las reacciones, a lo largo de la diversidad de mezclas. Esta operación se dificulta cuando se trabaja con más de cuatro ingredientes. En el caso de estas mezclas más complejas será de mayor utilidad el uso de los métodos de programación lineal. (En el Apéndice C se presenta un ejemplo de aplicación subjetiva de los diseños mixtos).

Programación lineal

Este tipo de investigación se usa cuando el gerente de la fábrica cuenta con recursos limitados ya sea de materias primas, de equipos, recursos financieros o mano de obra y desea asignarlos para optimizar algún objetivo de la empresa, como por ejemplo, aumentar lo más posible las ganancias, minimizar costos y elevar al máximo el volumen de material procesado. Normalmente esta técnica proporciona una identificación rápida de las estrategias óptimas para lograr mejoras, por ejemplo en la mezcla de más de tres ingredientes, calendarios de producción, selección de los productos que se deben producir en condiciones particulares de mercado, asignación de las rutas de distribución, etc. El Apéndice C ilustra un ejemplo simple en la investigación de las fórmulas alimentarias y otra variedad de programación lineal llamada el algoritmo de transporte, que se puede usar para planificar la producción de productos estacionales.

Investigaciones de existencias

A menudo las investigaciones de existencias ofrecen opciones atractivas para introducir mejoras en las empresas procesadoras de alimentos debido a los cambios en la disponibilidad de materias primas, sus precios, tiempo limitado que se pueden almacenar y los costos relativos al pedido y entrega. El estudio de las estrategias óptimas normalmente resulta en ahorros de costos y sugiere mejoras institucionales en este campo que superan el enfoque improvisado empleado a menudo por las pequeñas empresas. El Apéndice C ilustra un ejemplo típico de este problema y los instrumentos analíticos simples para su solución.

Temas económicos

El análisis económico en la "identificación de problemas" permite una pronta identificación de las oportunidades de progresos económicas y puede indicar el valor o beneficio general que puede obtenerse para conseguir un nivel determinado de mejoramiento en ciertas áreas generales, es decir, eficiencia en el uso de materias primas y productividad de la mano de obra. Sin embargo, no especifica la ubicación de problemas particulares ni cuáles sean los costos de éstos en relación con la empresa en su conjunto. Para conseguir estos datos generalmente se necesita hacer un estudio detallado empleando experimentos en la planta o haciendo el análisis de algunos (o todos) los componentes del proceso durante un período específico. Una de las técnicas corrientemente usadas es la determinación de costos del proceso.

La determinación de costos del proceso se usa en las industrias donde a lo largo del día de producción se producen grandes cantidades de un producto en unidades homogéneas o muy similares y a menudo no es posible identificar las tareas o los lotes producidos para hacer el cálculo de costos. En la determinación de costos del proceso se pone énfasis en la acumulación de costos en todas las unidades de trabajo durante un período dado de trabajo, normalmente cada mes. Al término de cada período se determina el costo por unidad de las mercancías producidas en términos del promedio por unidad durante el período. Se usa el costo promedio por unidad para que aclare el valor de las unidades terminadas y sin terminar.

Cuando se calculan los costos por actividad de procesamiento en un sistema de costos del proceso se usa una cuenta de "mercancías en proceso" para determinar los costos de cada una de las actividades principales. Por ejemplo, una empresa que fabrique un producto que se procese en tres actividades principales, recogerá costos de materiales, mano de obra y gastos generales en tres cuentas de "mercancías en proceso," una para cada actividad, y los costos circularán por las cuentas en la forma indicada en la Figura 9.

En la fábrica el producto comienza con la actividad 1 donde tiene lugar el primer proceso de su manufactura. Después, el producto se traslada a la Actividad 2 para su segundo proceso y luego a la actividad 3 para el proceso final. Después de terminar el proceso 3 el producto está completamente procesado y empaquetado y se traslada al área de mercancías terminadas.

Adviértase que los costos de materiales, mano de obra y gastos generales de cada actividad se indican en la cuenta de "mercancías en proceso" de la actividad.

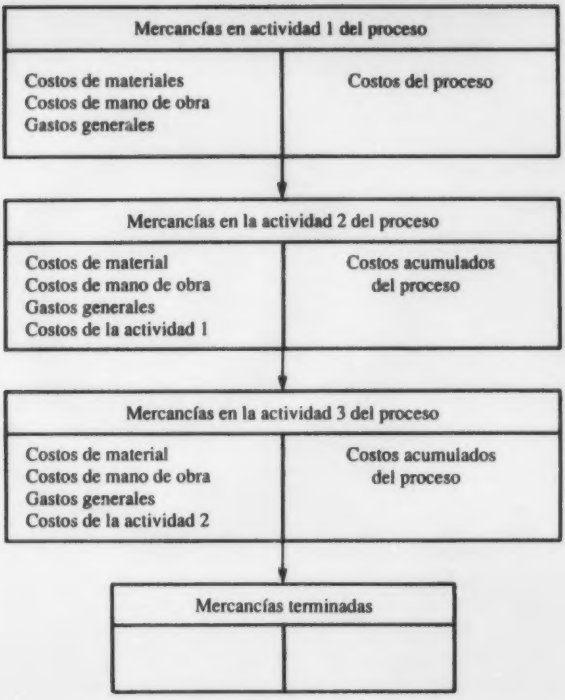


Fig. 9. Costos reunidos por actividad de procesamiento.

Obsérvese también la forma en que se transfieren los costos de una actividad a otra a medida que el producto atraviesa por las distintas etapas de la elaboración. El costo de procesar el producto en la actividad 1 se transfiere a la actividad 2, la suma de los costos acumulados en las dos primeras actividades se transfiere a la 3 y finalmente la suma de los costos de procesamiento de las tres actividades, que es el costo de la elaboración del producto, se transfiere a las "mercancías terminadas."

Debido a que en el sistema de cálculo de costos del proceso no hay trabajos individuales, la contabilidad de los costos de materiales y mano de obra es mucho más simple. Se pueden usar facturas de materiales. Como la mayoría de los trabajadores pasan todo el tiempo trabajando en una o en unas pocas actividades, todo lo que se necesita para calcular la mano de obra de cada actividad es un resumen de fines del período de la nómina de sueldos.

Uno de los objetivos básicos del sistema de cálculo de costos del proceso es determinar los costos de materiales, mano de obra y gastos generales para procesar la unidad en cada actividad. Para hacer esto se requiere: (a) agregar los costos de materiales, mano de obra y gastos generales para cada actividad por un período de, por ejemplo, un mes. (b) registrar el número de unidades procesadas en cada actividad durante el período. El costo de procesamiento de la unidad se calcula dividiendo los costos por las unidades procesadas.

Tabla 6. Costos por operación en el procesamiento de café en Guatemala (pactado de observación de 24 días).[a]

	Q[b]	Costo/unidad del producto	%
Recepción	64,35	2,49	1,78
Despulpamiento	224,92	8,69	6,22
Lavado	158,59	6,13	4,39
Secado en patios, San Lucas (sitio rural)	498,24	19,25	13,78
Secado, mecánico, San Lucas	312,55	12,08	8,64
Secado, patios, Palín (sitio central)	76,01	2,94	2,10
Secado, mecánico, Palín	163,35	6,31	4,52
Transporte a Palín[c]	779,13	30,11	21,54
Otros costos[d]	1 339,20	51,75	37,03
Total de costos	3 616,34	139,75	100,00

[a] En el ejemplo de Guatemala, en la sección de informes de seminarios de países se dan detalles de este proceso.
[b] Q1 = $1,00 estadounidense.
[c] Principalmente café seco en grano para su proceso final.
[d] Incluye alquiler, supervisión, administración y mantenimiento (excepto patios y secadoras).

Generalmente un supervisor está encargado de llevar la cuenta de la producción diaria. De cualquier forma, al fin del período de cálculo de costos se prepara un informe de la actividad en que se indica no sólo las unidades procesadas durante el período sino también todas las unidades parcialmente procesadas, ya sea al comienzo o a fines del período. El análisis de estos costos promedio por actividad del proceso pueden señalar cuáles son las actividades más costosas sobre las cuales se deberá centrar la labor de mejoramiento. Además, en períodos más prolongados se pueden examinar la estabilidad o tendencias en los costos para identificar las actividades que necesiten más control o investigación. En la Tabla 6 se muestra un ejemplo de esta aplicación en el procesamiento del café en las regiones rurales de Guatemala.

El Apéndice C da un ejemplo simple de la determinación de los costos del proceso en un proceso de dos actividades, molienda de legumbres seguido de mezcla, donde las técnicas empleadas siguen siendo las mismas que en un proceso que consiste en varias actividades principales excepto que, como casi siempre ocurre, se repiten y realizan en secuencia para cada una de las principales actividades del procesamiento.

Una limitación del uso exclusivo de la determinación de costos del proceso es que los costos incurridos incluyen costos efectivos e históricos acumulados después de realizadas las operaciones del proceso. Esto mismo es valioso porque indica dónde se incurre en gastos y cuáles son los más importantes y cuáles son inestables, pero no da una norma de eficiencia para poder comparar el mes de operación estudiado. Los costos reales resultan de una mezcla de mucha y poca eficiencia. Para superar este problema y evaluar la eficiencia del procesamiento, se usa el sistema de "determinación de costos típicos."

Costos típicos son los costos que deberían producirse en condiciones normales en las diversas actividades implicadas en la producción de un producto. Se establece mediante estudios de ingeniería y contabilidad que se hacen antes de elaborar el producto o, a menudo, durante la producción misma. Una vez

En algunos casos el procesamiento se efectúa al exterior, cerca de la zona agrícola como se muestra en esta foto del procesamiento del café en Guatemala. El uso de recursos naturales tales como agua para transporte y sol para el secado constituyen factores importantes del proceso.

establecidos, los costos reales en que se incurre durante la producción pueden compararse con estos costos típicos para estimar si varían de esa norma y en qué forma.

Normalmente, para establecer los costos típicos se necesita tener un gran cuidado y los esfuerzos combinados en contabilidad, ingeniería y administración. A menudo se hacen estudios de tiempo y movimiento en cada una de las operaciones de trabajo destinadas a la producción de un producto, para aprender la mejor forma de efectuar la operación y determinar el tiempo normal de trabajo necesario en condiciones normales de funcionamiento. También se hacen investigaciones de cantidad, categoría y costo de cada material necesario, se observan las máquinas y otros equipos de producción para lograr la máxima eficiencia y evaluar los costos típicos en cada centro de costo.

Sin embargo, independientemente del cuidado tomado para establecer los costos típicos y en actualizarlos a medida que cambian las circunstancias, los costos reales

de fabricar un producto determinado o servicio pueden diferir algunas veces de los costos típicos. Cuando esto ocurre, la diferencia en el costo total es posible que sea una suma compuesta de varias diferencias de costos. Por ejemplo, la cantidad o el costo, o ambos, del material usado puede haber variado de la norma, y el tiempo de trabajo o el costo, o ambos, pueden haber variado. Los gastos generales también pueden haber cambiado. Cuando los costos reales varían de los costos típicos, las diferencias se llaman desviaciones.

Cuando se registran desviaciones se aíslan y se estudian para ver si hay posibles medidas correctivas o mejoras que introducir. Por ejemplo, si el costo típico de materiales para producir 2 000 unidades del producto A es de $800 pero la estimación de costos de materiales fue de $840 para producir las unidades, la desviación de $40 puede haber resultado de pagar un precio más alto que el precio normal de ese material o se puede haber usado una mayor cantidad del material que la cantidad normal. Sin embargo, si se hubiera usado una cantidad mayor que la normal porque el material era de una categoría inferior a la norma, ocasionando mayor cantidad de residuos que lo normal, la responsabilidad recaería en el gerente por haber comprado una categoría de material por debajo de la norma. El Apéndice C presenta un ejemplo detallado de los cálculos de diferentes desviaciones de costos y la forma corriente en que se interpretan. Estos estudios más detallados de la determinación de costos en el proceso de producción se realizan antes o durante las investigaciones técnicas destinadas a evaluar los efectos sobre los costos de producción en la actividad de mejoramiento.

Hasta ahora el economista del equipo debe haber sido capaz de suministrarle al equipo de investigación el balance generalizado de costos totales y de ingresos de la industria procesadora, de indicar el relativo grado de eficiencia en que funciona el proceso (y sus diversas actividades claves) y de ayudar a identificar las causas que hayan hecho que el proceso (o sus componentes claves) no operara a un nivel normal de eficiencia. Los miembros del equipo de investigación y el dueño de la fábrica discuten a menudo esta información la que, junto con la restante información técnica y opiniones del dueño/gerente, debería ser suficiente para que el equipo de investigación decida cuáles son las prioridades inmediatas para desarrollar mejores técnicas de procesamiento y/o equipos para mejorar la eficiencia de este procesamiento y aumentar su rentabilidad. Por lo tanto, el economista ha ayudado en la importante tarea de describir la base económica de la tecnología existente y en establecer el diseño de los proyectos de investigación subsecuentes.

Evaluación y ejecución de las mejoras

Estimación de costos para tomar decisiones

Otra función importante del economista en el estudio de investigación total de la empresa procesadora es entregar una base económica que sirva de criterio para evaluar y recomendar soluciones tecnológicas alternativas que sus colegas técnicos hayan identificado para superar los problemas de procesamiento. Las palabras "criterios" y "recomendar" se usan porque los informes técnicos no constituyen la única base sobre la cual se toman las decisiones. El dueño/gerente puede tener opiniones diferentes de las expresadas en el análisis económico respecto a riesgo, costos y beneficios futuros, criterios sociales y diferentes opiniones sobre el rendimiento técnico esperado de la nueva tecnología recomendada. Es debido a esto que el concepto "análisis de sensibilidad" será importante.

Es necesario hacer la evaluación económica de las opciones tecnológicas por dos razones. Primero, muchas de las soluciones tecnológicas destinadas a resolver un problema particular de procesamiento son mutuamente excluyentes, es decir, sólo se puede emplear una de ellas, y por lo tanto, se debe elegir la que parezca ofrecer el mayor incremento de ganancia en el futuro. Segundo, muchas opciones tecnológicas no son mutuamente excluyentes por cuanto son aplicables a actividades individuales de procesamiento en el sistema de producción y no se pueden emplear en forma independiente. Sin embargo, la inversión de capital es casi siempre limitada. Por lo tanto, generalmente, el capital se debe invertir en un conjunto específico de opciones tecnológicas que den la mayor ganancia neta para esa limitada cantidad de capital invertido.

Hay dos tipos de análisis económico que se pueden usar con el propósito de tomar decisiones: el análisis marginal y el análisis de costos y beneficios. El análisis marginal es generalmente aplicado a evaluaciones de corto plazo de métodos alternativos de producción, y/o volúmenes alternativos de productos y/o tipos alternativos de productos.

En el análisis marginal sólo se incluyen los costos e ingresos adicionales que están asociados con las alternativas; generalmente sólo se incluyen los costos de ingresos variables (directos e indirectos). En otras palabras, no se incluyen los costos fijos porque se incurre en esos costos independientemente de la alternativa tecnológica e independientemente del nivel de producción. El concepto de costos marginales es importante en relación a un proceso de producción particular. En general, puede ayudar a tomar decisiones de producción en cuatro áreas: un nivel máximo de insumos, nivel máximo de producción, combinación de menores costos de insumos y combinación de productos.

El instrumento más común y útil en los cálculos del análisis de costos marginales es el presupuesto parcial. A medida que se introducen cambios en un proceso particular, el presupuesto parcial identifica y fija valores del efecto específico del cambio. De esta manera el presupuesto parcial actúa como un atajo y le ahorra tiempo al investigador, ya que no se incluyen las partidas del proceso que no cambian porque no afectan los costos e ingresos.

En el análisis de costos-beneficios, se tiene en cuenta el factor tiempo ya que los costos e ingresos, directos e indirectos, incurridos por cada mejora alternativa no siempre están en el mismo año, y por lo tanto, el análisis considera el valor temporal del dinero, ya sea como gasto o como ingreso. En esta forma de análisis también se pueden incluir los costos fijos.

Cuando los cambios técnicos/organizativos propuestos para la empresa procesadora de alimentos involucran decisiones sobre cambios significativos en la planta y equipos y, por lo tanto, resultan en costos y entradas (como resultado de esos cambios) que se tendrán dentro de un período de más de un año, no es apropiado usar el método de presupuestos parciales y análisis marginal. Es necesario usar una técnica que ayude al proceso de toma de decisiones de inversiones que determine el valor de todos los costos e ingresos futuros, fijos y variables, en términos de su valor actual. En otras palabras, si sabemos o esperamos tener que hacer pagos en el futuro y/o recibir ingresos en el futuro, ¿qué valor les daríamos a ellos en términos de su valor de hoy si tuviéramos que hacer esos pagos hoy o si tuviéramos que recibir esas entradas hoy?

Hay tres métodos principales de medición que se pueden usar en el análisis de costos-beneficios:

(a) El Método del Valor Actual Neto (VAN) — que es el valor actual de la diferencia entre todos los costos e ingresos futuros. El criterio de la medición del VAN es que si el VAN es < 0, la inversión sería lucrativa, si el VAN es > 0, la inversión no sería lucrativa, y si el VAN $= 0$ no se perdería ni se ganaría.

(b) El método de la relación de costos-beneficios (RCB) — la relación de costos y beneficios se define como la relación entre el valor actual total de beneficios y los costos. Hay dos clases de RCB: netos y brutos. El criterio de esta medición es que es factible la inversión que tenga un RCB mayor que uno o la inversión con el RCB más alto entre las diferentes alternativas.

(c) El método de la tasa de rentabilidad interna (TRI) — al usar los métodos del VAN y del RCB uno se encuentra con el problema de escoger la tasa apropiada de actualización para actualizar los futuros costos e ingresos. La tasa interna de una inversión (k) es la tasa de actualización que hace que el valor actual de una entrada de fondos efectivos sea igual a cero. Representa la rentabilidad promedio del dinero utilizado en la inversión. Si k es mayor que el costo apropiado de sustitución del capital, la inversión es factible.

En el Apéndice C aparece un ejemplo de los análisis del costo marginal y costo-beneficios.

Ejecución del plan de mejoramiento en las operaciones de la empresa

A menudo no se le presta mucha atención a la etapa de realización del proyecto. Es necesario tener en cuenta a las personas que se deben encargar de la realización y a la forma de llevar a cabo la ejecución del proyecto. El método ideal y de mayor éxito es hacer que el equipo de investigación trabaje estrechamente con la administración. Hay tres formas posibles de hacer la realización:

- Los administradores correspondientes ejecutan las mejoras directamente sobre la base de las recomendaciones del proyecto. Esta es normalmente la forma más efectiva porque inevitablemente quedan problemas sin resolver.
- Los investigadores realizan sus propias recomendaciones en la empresa asegurándose de que todas las fallas se resuelvan y confirmando que se cumplan todos los objetivos. Este método exige una etapa de adaptación para que los administradores correspondientes asuman sus cargos.
- Realización conjunta entre los investigadores y los administradores correspondientes. Esta es normalmente la forma más efectiva, permitiendo que todas las fallas en el plan de mejoramiento se resuelvan para que se adapten a la operación y administración total de la compañía.

Hay tres métodos principales de realización:

- Realización paralela — En este caso el sistema mejorado funciona junto con el antiguo lo que permite la operación total y la corrección de las fallas en una situación real. También se hace evidente la comparación con el antiguo sistema. Este método es caro y realmente sólo es posible en las compañías que tengan líneas de producción múltiples y capacidad sobrante.
- El proyecto piloto — Se establece un pequeño proceso piloto para producir el producto y demostrar el funcionamiento del nuevo proceso, etc. Esto permite recoger más datos, pruebas de mercado y una comercialización limitada hasta que se llega a la etapa en que la compañía está satisfecha y decide realizar la inversión total. El peligro en este caso es que la planta piloto puede no ser verdaderamente representativa de las necesidades operacionales y administrativas de la planta en pleno funcionamiento, aun cuando estos factores hayan sido considerados en la investigación.
- Realización total inmediata — La realización total inmediata es el método más corriente. Siempre que el equipo de investigación haya estudiado completamente y evaluado la mejora en el contexto de la compañía, los riesgos, aun cuando grandes en algunos proyectos, pueden ser minimizados. Normalmente es necesario pasar por la etapa de puesta en servicio en la cual el investigador todavía puede observar el plan de mejoramiento en su totalidad y asegurarse de que cuadra con el sistema total de la compañía y resuelve los problemas restantes.

Se ha planteado que el grado de participación de los cuadros directivos de la compañía en el proyecto y, por lo tanto, el compromiso de la administración, está en correlación directa con el grado de éxito en la realización. Esto también es válido en lo que respecta a conseguir que el personal directivo correspondiente

contribuya a los costos de la investigación, ya sea que la investigación se haga en una compañía de gran envergadura o involucre una organización externa de investigaciones alimentarias. Aun cuando uno tendería a pensar que el personal directivo de las empresas debería estar a favor de la investigación por la que no tenga que pagar, éste es pocas veces el caso. Sólo si pagan por la investigación están seguros de que les va a servir a ellos en vez de servir los intereses de alguna otra empresa. Es un área difícil para los investigadores del gobierno y universitarios que aspiran a servir los mejores intereses de la sociedad, pero hay que tener en cuenta que si no hay realización, no hay beneficios.

Determinación del costo de la investigación

A los investigadores les resulta difícil comunicar a las pequeñas empresas el valor que tiene la investigación sobre las inversiones, y también depende mucho de la comprensión de las motivaciones y manera de pensar de la administración. Los investigadores necesitan ser particularmente cuidadosos al estimar los costos, incluso aproximados, de las diversas mejoras que estén contemplando, cuáles serán las consecuencias para la fábrica y los costos de la investigación misma en las inversiones adicionales y el flujo de fondos (análisis de costos y beneficios o análisis marginal). De esta manera se puede planificar y determinar los costos de una investigación y realizar un programa que constituya una inversión valiosa para la fábrica. Todavía persiste el problema de comunicar al dueño/gerente, en términos que sean coherentes con sus objetivos, el valor que tiene la inversión en la investigación.

Una operación común en las fábricas pequeñas consiste en utilizar el secado al sol como en esta planta de galletas a base de pescados en la costa oriental de Malasia.

Como a menudo no es posible contar con contribuciones en dinero efectivo de parte de las pequeñas empresas, por lo menos en las etapas iniciales, es necesario tener en cuenta otros medios de contribuir a los costos de la investigación, por ejemplo, proporcionar mano de obra extra, materiales para los ensayos, o quizás transporte para el personal de la investigación, como una manera de contribuir al costo. Podría ser adecuado comenzar las actividades investigadoras con una fase inicial de bajo costo, y negociar las fases posteriores, quizás pidiendo un mayor compromiso financiero al gerente después de que se tengan los resultados de la fase previa. Si los directores de la empresa han participado en la etapa inicial de bajo costo, podrán tener la suficiente confianza en los resultados del trabajo subsecuente como para arriesgar más y asignar los fondos necesarios provenientes de sus propias reservas, parientes o prestamistas. Normalmente, la mayoría de los organismos crediticios no pueden financiar las actividades de investigación, particularmente las destinadas a pequeñas compañías. El crédito se basa corrientemente en el flujo de fondos de la fábrica en particular.

El otro aspecto importante del financiamiento de la investigación es la contribución proveniente del instituto de investigación. Muchos institutos de investigación deben recuperar una porción, o quizás el total, de sus costos de este tipo de investigación industrial. Los costos son considerables y a menudo a las pequeñas empresas les resulta imposible asumirlos. El método en fases, combinado con la contribución de organismos externos, podría eliminar este problema. Sin embargo, en última instancia los institutos de investigación y universidades deben comprender que el uso de un porcentaje del tiempo de su personal, instalaciones y presupuesto podría crear un desarrollo perceptible en el sector de las pequeñas empresas alimentarias. Así, los investigadores deberían planificar las actividades de investigación cuidadosamente, manteniendo documentación de los costos totales, incluyendo el tiempo del personal. Deberían determinar y documentar las repercusiones de los resultados en las pequeñas empresas, no sólo los costos y beneficios de cada fábrica donde se haya trabajado, sino el costo y beneficio de las actividades de investigación del instituto. Con tales archivos de costos, así como de beneficios, de los que podría ser necesario hacer un seguimiento por un tiempo prolongado, podría ser posible planificar, presupuestar y justificar futuros programas de investigación sobre el mejoramiento de la pequeña industria alimentaria en los institutos de investigación.

Interacción con la administración

Para asegurar que la investigación sea relevante y realizable es indispensable tener una comprensión de la motivación de la administración y de las condiciones reales y limitaciones de la fábrica de cuyo caso se trate. La realidad concreta de las pequeñas empresas es dura y las consecuencias de un fracaso ocasionado por un cálculo equivocado de las necesidades de capital, disponibilidad de materias primas, complejidad de los equipos, demanda del mercado, costos de comercialización y, particularmente, de la capacidad del empresario pueden significar serias pérdidas financieras e incluso la ruina de la empresa.

Es importante entonces acercarse a cualquier pequeña empresa con empatía y la sincera intención de escuchar y aprender acerca de lo que el dueño percibe como sus ventajas y limitaciones. A los investigadores les resulta fácil sugerir mejoras, pero éstas podrían estar fuera del alcance de la comprensión de los dueños o,

igualmente posible, podrían comprender perfectamente la sugerencia pero no estar dispuestos a aplicarlas por razones propias que no deseen explicar a nadie.

Para los investigadores, la comprensión entre el dueño de la fábrica y el investigador, es quizás el aspecto más difícil de lograr en forma satisfactoria. A algunos investigadores, dependiendo de su personalidad y la personalidad del dueño/gerente, les resultará más fácil que a otros discernir la situación de una fábrica en particular. Sin embargo, mediante un método sistemático, paso a paso, todos los investigadores pueden hacer una descripción cualitativa y cuantitativa de la situación y las limitaciones de la fábrica. A través de una interacción continua con la administración, sólo se identificarán, desarrollarán y realizarán mejoras beneficiosas. La experiencia acumulada después de años de trabajo en numerosas fábricas facilitará la tarea de idear métodos y técnicas que los investigadores podrán aplicar posteriormente en trabajos futuros.

Esta ha sido la experiencia de los investigadores que, trabajando con pequeños agricultores, han estudiado los sistemas de cosecha en los últimos 12 años. El IDRC ha ayudado financieramente y continúa financiando la investigación en este campo en muchas partes del mundo. La situación del pequeño procesador de alimentos se compara con la del agricultor cuya meta consiste en optimizar la producción de alimentos y las ganancias y minimizar los riesgos respondiendo a las limitaciones del tamaño de la tierra, los precios del mercado y las prácticas culturales, con los recursos disponibles — semillas, fertilizantes, mano de obra y capital. Los investigadores han desarrollado y están todavía tratando de adaptar una metodología de investigación que involucra trabajar con los agricultores en sus terrenos, documentar sus actuales prácticas de trabajo, probar mejoras aceptables para los agricultores en sus tierras, y tratar de determinar el mejor procedimiento según la percepción de los agricultores y los investigadores. La forma de trabajar mejorada sólo se considera aceptable después que el agricultor de la región haya sido capaz de manejarla con éxito. La clave de este método es la participación de los agricultores y la consideración de sus opiniones en la toma de decisiones.

Un enfoque semejante es sin duda adecuado para introducir mejoras en la pequeña industria alimentaria. El enfoque adoptado por los investigadores debería lograr la participación activa de los dueños/gerentes de la pequeña empresa en cada una de las etapas de la actividad. Es necesario tener en cuenta que la situación de cada fábrica será diferente, con diferentes limitaciones aún cuando los productos sean similares. También es necesario impulsar la interacción con la administración en cada una de las siguientes áreas asociadas con los planes de mejoramiento:

- Definición de cuáles son las mejoras necesarias para la fábrica;
- Establecimiento de la credibilidad ante la administración y una relación de interacción;
- Estudio de la situación de la fábrica y definición de las limitaciones;
- Participación de la administración en la toma de decisiones sobre mejoras particulares que se puedan adoptar. ¿Deberían ser denegadas las ideas de los investigadores por la percepción que tenga la administración sobre cuáles sean las prioridades?;
- Realización de las actividades de investigación en la planta;
- Decisión sobre si se deberían llevar los resultados a la práctica o no;

- Planificación de la realización y evaluación de las repercusiones;
- Entrega de datos económicos para la toma de decisiones durante la actividad;
- Capacitación adicional de los administradores de la empresa mediante su participación en la investigación; y
- Contribución al financiamiento de la investigación.

Aplicaciones en los países en desarrollo

En el seminario se recalcó la aplicación práctica de los métodos y procedimientos mencionados anteriormente mediante la presentación de casos efectivos estudiados durante las visitas a fábricas.

En esta sección, se presentan detalladamente dos estudios de casos completos hechos por los participantes de Tailandia y Singapur. A continuación de estos informes se incluyen presentaciones breves con un resumen de las discusiones del grupo de trabajo sobre los estudios restantes de los siete países.

Estudio de caso: Tailandia (fideos transparentes)

Metodología

En el Instituto tailandés de investigaciones científicas y técnicas (Thailand Institute of Scientific and Technological Research, TISTR) se está desarrollando una metodología exitosa para obtener contacto con las fábricas, aislar áreas problemáticas, evaluar soluciones posibles y llevarlas a la práctica. El método involucra establecer un equipo directivo donde se hallen representadas diversas disciplinas (Figura 10). Se ha encontrado útil que el equipo esté constituido por miembros con formación diferente para emplear técnicas de amplio alcance en la solución de problemas.

El contacto inicial con la compañía fue establecido por la dirección de la compañía misma o fue iniciado por el personal del equipo de trabajo. Para hacer este contacto inicial se siguieron una serie de pasos (Fig. 11) entre los que se incluye:

- Recoger información sobre las fábricas resumida o compilada de diversas publicaciones y de la gente del lugar, etc;
- Se selecciona una cantidad de fábricas y se toma contacto con ellas a través de visitas personales, cartas, llamadas telefónicas u otros medios adecuados;
- Se visita cada fábrica para obtener información general que pudiera servir para aislar las áreas problemáticas y para informar a la gerencia sobre los beneficios que podría reportar un trabajo cooperativo con el instituto;
- El equipo reúne y evalúa esta información general y escoge las fábricas que tengan potencial;

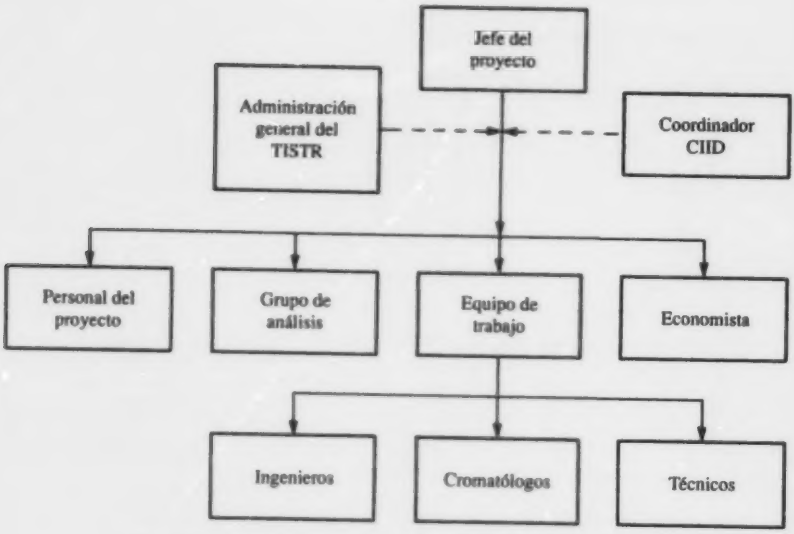


Fig. 10. Diagrama de la dirección del proyecto (Tailandia).

- Se da tiempo para que las fábricas se pongan en contacto con el instituto y si alguna de ellas lo hace, se da una respuesta rápida; y
- Si la fábrica no responde, es posible que el instituto haga una segunda visita y sugiera posibles mejoras en áreas problemáticas individuales, pero esta técnica hay que usarla con mucho cuidado.

Una vez que se haya establecido contacto, se formula un plan y se hace una lista de mejoras que posiblemente exija más visitas a la fábrica. Se ha confeccionado una lista de formularios destinados a ayudar a recoger y registrar información en forma ordenada durante las visitas a la fábrica (Apéndice B). Después de las visitas a la fábrica, el equipo de trabajo recopila la información de acuerdo con la hoja de encuesta y el registro de estudio de trabajo; se hace el diagrama y proceso de producción (Apéndice B) y el calendario (Fig. 12). Estos formularios se usan frecuentemente como referencia en estudios subsecuentes. Es interesante indicar que no se incluye una hoja para el análisis de costos de la fábrica, pero esa información se incorpora en otras tablas. De esta manera se puede obtener un análisis económico a partir de la información registrada y de los contactos indirectos porque la gerencia a menudo no está dispuesta a discutir esos asuntos financieros hasta que no adquiere cierta confianza en el equipo de investigación.

Cada miembro del equipo tiene la responsabilidad de recoger información sobre diferentes partes del proceso. A menudo es necesario hacer varias visitas para documentar en forma total la empresa y sus actividades de procesamiento. Es necesario asignar una cantidad de tiempo adecuada para que el grupo técnico evalúe la información recopilada de manera que el proceso se comprenda en su totalidad. (En la Figura 13 se muestra un diagrama típico de una fábrica de fideos transparentes). Esto es fundamental antes de que se puedan introducir mejoras. En ese momento se realiza una cuidadosa selección de las posibles tareas porque ésta

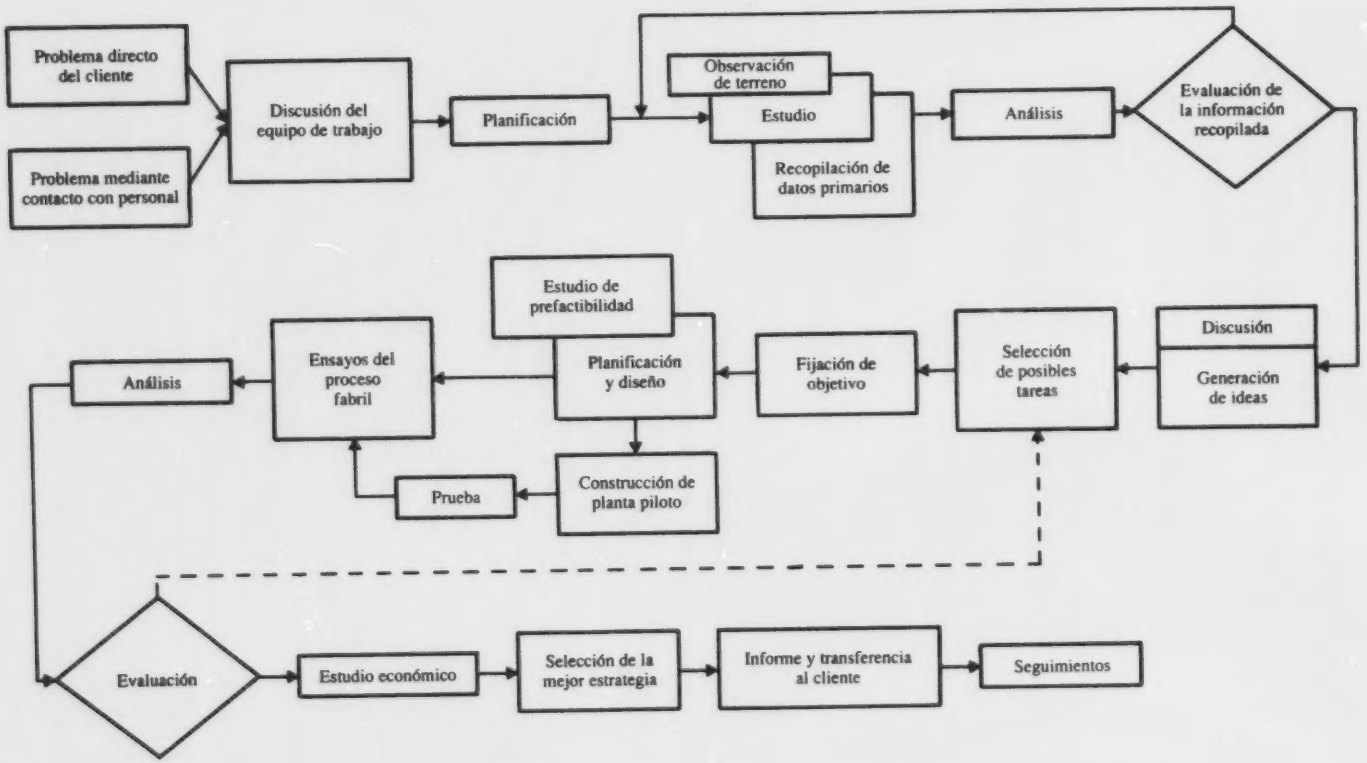


Fig. 11. Actividades para perfeccionar el proceso de fabricación (Tailandia).

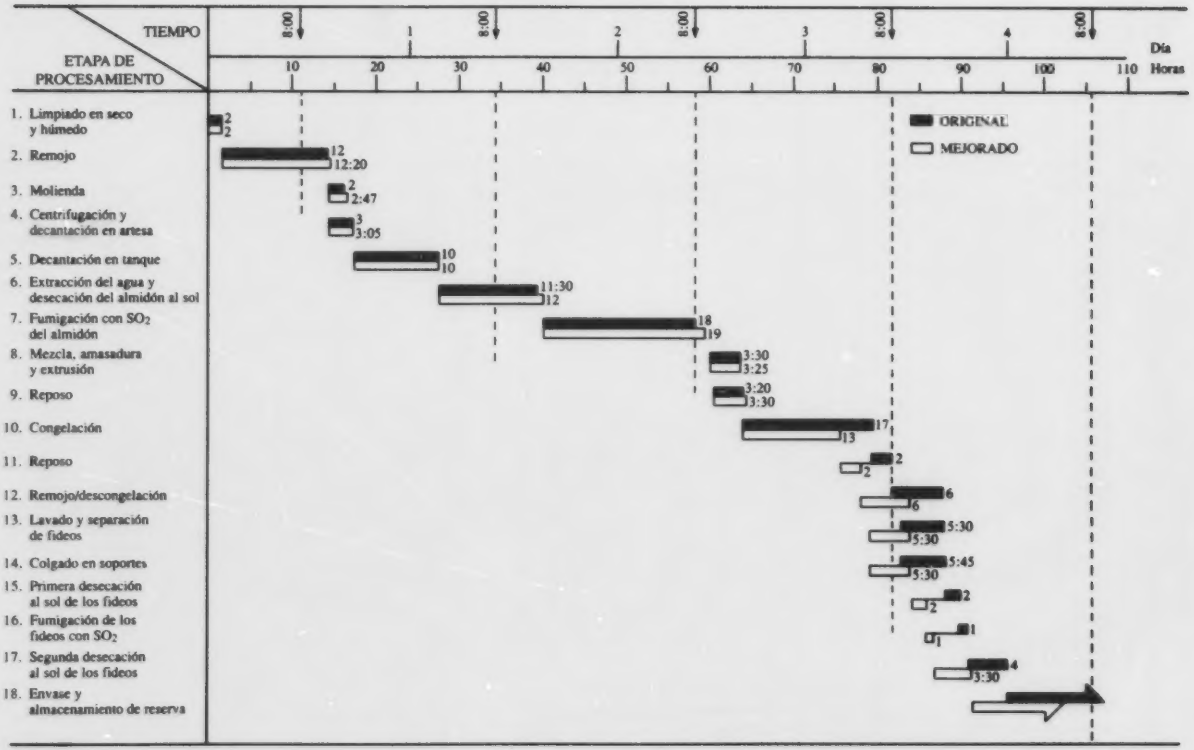


Fig. 12. Diagrama de barra del proceso de producción original y perfeccionamiento de la etapa de congelación.

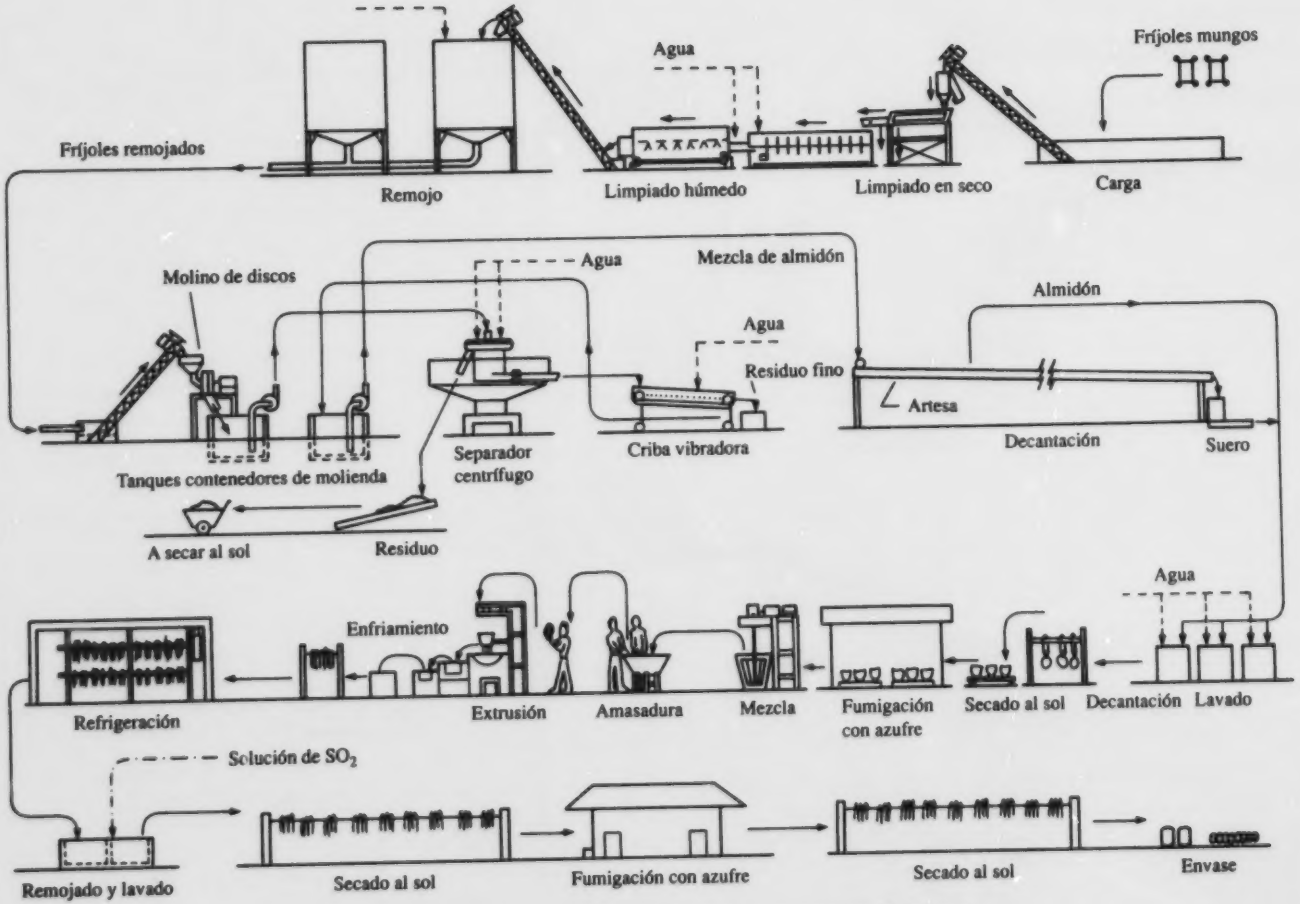


Fig. 13. Procesamiento en una fábrica de fideos transparentes (Tailandia).

será el fundamento sobre la que se basará todo trabajo posterior. Los miembros del equipo de investigación realizan extensas discusiones de grupo para estudiar el proceso completo y desarrollar diferentes ideas para perfeccionarlo.

A continuación se hace la selección a base de un sistema de puntaje o reclasificación de las alternativas hasta que se logra un consenso después de discutir los puntajes dados por cada uno de los miembros del equipo. Posteriormente se determinan las prioridadades entre las diferentes ideas alternativas de mejoramiento. Después de haber escogido el área donde realizar las mejoras, el equipo de trabajo discute los planes de mejoramiento que incluyen el diseño de experimentos, ensayos de fábrica, experimentos de laboratorio y métodos de análisis; preparación de instrumentos, aparatos y equipos; y se asignan programas y responsabilidades a cada uno de los miembros del equipo.

Para determinar el área en el que se ha de concentrar, se pueden usar métodos de evaluación. Por ejemplo, en una fábrica de fideos transparentes, el área donde introducir mejoras fue la operación de congelación, porque después de evaluar el consumo de energía en todo el proceso, se determinó que esa operación era la operación que hacía un uso más intensivo de la energía (Ley de Pareto). En el análisis energético se calculó que la congelación consumía 67% de la energía total. Sin embargo, en esta etapa se debe tomar en cuenta a la gerencia y sus intereses. Una mejora realizada en una área en que la gerencia muestre interés o una donde se pueda producir un mejoramiento obvio y extraordinario asociado con ella en un período corto de tiempo, establecerá la credibilidad y afianzará la confianza en el equipo de investigación. Una vez logrado esto será más fácil trabajar con el gerente general, en el futuro, en otras mejoras.

Durante los ensayos de fábrica, el equipo de trabajo trata de fomentar buenas relaciones con el dueño de la fábrica y de ganarse su confianza. Los miembros del equipo de investigación mantienen en secreto todos los detalles concernientes a la investigación y no discuten los métodos utilizados en otras fábricas. En la etapa de

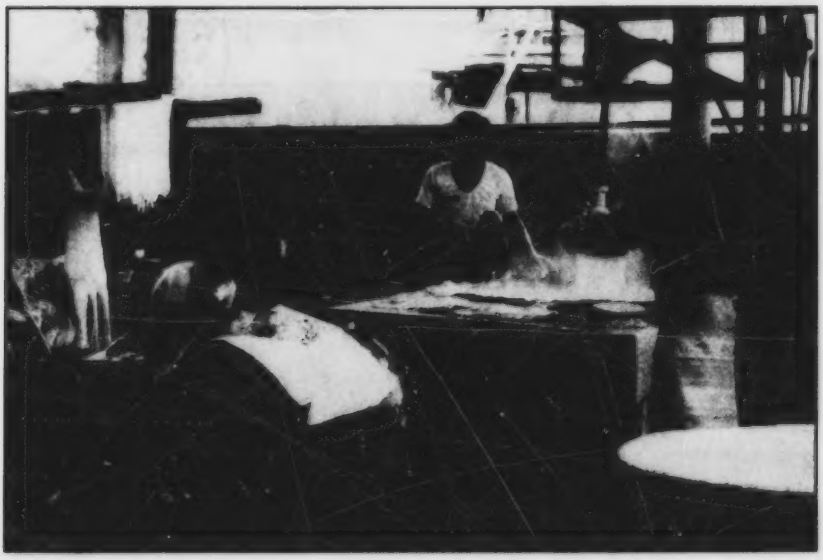
Una operación de procesamiento en una típica fábrica tailandesa de fideos.

ejecución el equipo de trabajo instala en la planta el método perfeccionado y lo transmite al gerente general personalmente trabajando con él o ella en las actividades que se han ajustado o cambiado para asegurar que el gerente las comprende completamente. Por ejemplo, el equipo de trabajo diseña un diagrama que ilustre el método perfeccionado en comparación con el método existente (Fig. 12) a modo de un registro del equipo, con un formato simplificado para utilizar en la ejecución y en la fábrica y transmisión. Se ha encontrado que una vez que se mejora efectivamente el proceso de una fábrica, otras fábricas similares se ponen más accesibles a medida que se difunde la noticia sobre las mejoras.

Por ejemplo, en 1980, el dueño de una pequeña fábrica de fideos transparentes se puso informalmente en contacto con el TISTR. A la sazón, el dueño tenía problemas con la moledora de disco horizontal de piedra y con la extracción de proteína del efluente (Fig. 13). El dueño no se volvió a poner en contacto con el TISTR hasta febrero de 1982, cuando solicitó asistencia del TISTR debido a la mala calidad de sus productos. Sin embargo, en ese tiempo fue imposible trabajar con esta nueva fábrica porque se estaba trabajando activamente en asociación con otra fábrica de fideos, haciendo experimentos de planta pilotos en el ETICT. Dos meses después se volvió a visitar la fábrica. Se hicieron arreglos para que un consultor visitase la fábrica y para discusiones ulteriores sobre posibles mejoras.

A través de conversaciones con el equipo de trabajo, el dueño de la fábrica se convenció del valor potencial que tenía la cooperación con el TISTR para poder mejorar el proceso de la fábrica. En consecuencia, se convino que:

- El equipo de trabajo reuniría toda la información relevante sobre el producto, materias primas, pasos de procesamiento y control de calidad, pero el TISTR



Etapas de extrusión y lavado en una fabrica de fideos tailandesa.

no intervendría en el manejo, comercialización o finanzas de la compañía, a menos que la fábrica así lo solicitara.

- La información sobre el proceso y los procesos perfeccionados que se llevaran a cabo en la fábrica serían estrictamente confidenciales. La información sobre los resultados del mejoramiento del proceso completo que se distribuirían a las otras fábricas e instituciones interesadas no identificaría ninguna fábrica en particular.
- Debido a que los procesos actuales para la fabricación de fibras transparentes son de conocimiento general y el ETICT estaba entonces realizando mejoras del proceso en una fábrica grande de fideos transparentes, la pequeña fábrica no corría ningún riesgo sino que, por el contrario, podría beneficiarse de los resultados de ese proyecto de mejoramiento del proceso.
- No se cobrarían honorarios por el servicio de investigación, pero el dueño de fábrica suministraría materias primas para los ensayos de fábrica e instalaría nuevos equipos. Los otros gastos correrían por cuenta del ETICT.

Después de 2 meses de negociaciones preliminares el dueño de la fábrica decidió cooperar con el ETICT en este proyecto de mejoramiento del proceso. Se planificaron las actividades de trabajo y se comenzó con el mejoramiento del proceso (Fig. 14 y Tabla 7).

Áreas problemáticas posibles y análisis de mejoras

Después de hacer estudios en la planta sobre formas de calcular el equilibrio de masa y composición química de los materiales usados en el proceso, el grupo de trabajo analizó los resultados. Se determinaron las áreas problemáticas posibles mediante el uso de criterios de selección tales como simplificación del proceso, limitación de la inversión de capital, limitación de los costos de operación, aumento de la capacidad, mejoramiento de la calidad del producto, mejoramiento de las condiciones de trabajo y tiempo para investigación, así como las prioridades del dueño. Después de una prolongada discusión, el grupo de trabajo identificó las áreas problemáticas potenciales anotándolas en una lista por orden de prioridad (Tabla 8).

Experimentación sobre mejoras al proceso

El grupo de trabajo planeó mejorar el proceso existente usado en cada una de las cinco áreas problemáticas según su orden de prioridad. Por lo tanto, el grupo de trabajo invitó al dueño a discutir y revisar la prioridad de los problemas en caso de que hubiera diferencias de opiniones. El dueño estuvo de acuerdo con las prioridades asignadas después de discutir las razones y beneficios que se obtendría. Tal como se había planeado, se realizaron los experimentos para utilizar dos turbo-centrífugas en vez de una sola (porque la fábrica tenía una segunda centrífuga que no había estado utilizando), y para modificar las especificaciones de la operación de las dos turbo centrífugas en cuanto a velocidad, potencia usada y el tamaño del cesto metálico rotatorio. Cuando se evaluaron las condiciones de operación de las dos turbinas centrífugas se le recomendó a la gerencia que redujera la potencia necesaria a 5 hp y la velocidad de rotación a 500 rpm y usara en ambas centrífugas cribas de 120 retículos.

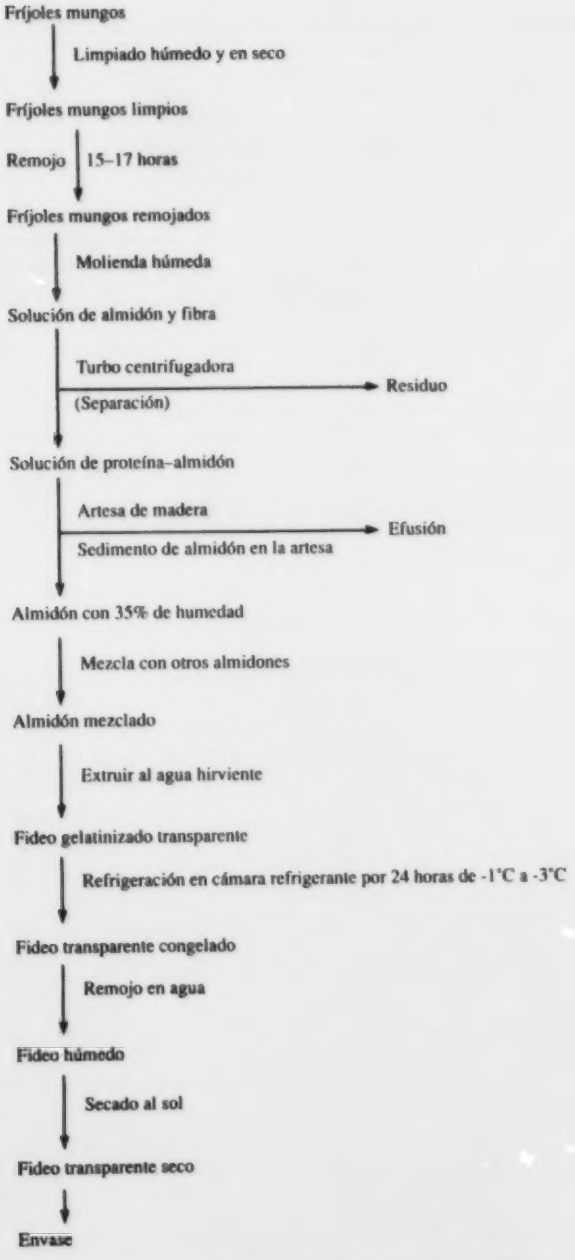


Fig. 14. Diagrama del proceso de producción de una pequeña fábrica de fideos transparentes (los puntos en que se recolectaron datos fueron identificados en la Tabla 7).

Tabla 7. Resultados del análisis de la producción de almidón antes y después del mejoramiento del proceso.

	Antes del mejoramiento					Después del mejoramiento		
Descripción	CH[a] (%)	Almidón (%)	Total del producto (kg)	Contenido de almidón (kg)	CH (%)	Almidón (%)	Total del producto (kg)	Contenido almidón (kg)
Fríjoles mungo	12,43	48,18	1 100	530	12,65	45,57	1 156,5	527
Fríjol remojado	66,10	18,74	—	—	62,89	22,84	—	—
Pasta aguada salida de la moledora	94,09	3,17	18 000	570,6	93,38	3,34		
Residuo	86,26	6,83	1 953	133,4	86,95[b]	4,85[b]		
					88,81[c]	5,09[c]		
Solución de almidón	96,36	2,08			95,71[b]	2,22[b]		
					98,83[c]	0,58[c]		
Efluente	97,83	0,03	8 640	25,9	98,59	0,36		
Almidón deshumidificado	49,45	48,87	510	249	47,92	49,00	598	293
Rendimiento (%) (en base seca)		26,76				30,83 (4,07)		
Recuperación (%) (almidón)		46,98				55,60 (8,62)		
Recuperación (%) (como esté)		46,36				51,71 (5,35)		

[a] CH = contenido de humedad.
[b] Primera turbina.
[c] Segunda turbina.
Nota: Los valores entre paréntesis son los porcentajes de aumento.

Tabla 8. Áreas problemáticas posibles e identificación de áreas prioritarias potenciales en una pequeña fábrica de fideos transparentes (Tailandia).

Problemas	Soluciones posibles
1. Ineficiencia en el limpiado en seco y en húmedo.	• Usar criba de vaivén doble; limpiado en húmedo — usar lavadora de paleta, manipulador.
2. Ineficiencia en el transporte del fríjol remojado a la moledora.	• Usar correa transportadora en vez de trabajadores.
3. Proceso de separación de la pasta aguada de almidón de la solución de fríjol molido para obtener mayor productividad de almidón.	• Agregar una turbina centrífuga más.
4. Proceso para separar la proteína del efluente.	• Hervir efluente por unos pocos minutos y filtrar el efluente hervido.
5. Proceso para deshumidificar la torta de almidón para obtener 35% CH (contenido de humedad).	• Usar centrífuga de cesta horizontal de carga por lotes.
6. Necesidad de almacenar el residuo de fibra por más tiempo, especialmente durante la temporada de lluvias antes de ponerla a secar al sol.	—
7. Necesidad de procesar el fideo transparente para que dure más en estantería (más de 2-3 meses).	• No se ha decidido todavía porque hay muchos factores involucrados tales como la calidad del tratamiento por azufre del almidón, calidad del agua utilizada en el proceso, etc.
8. Escape en la cámara de refrigeración y bajo rendimiento de la refrigeración en esa cámara.	• Modificar y mejorar el funcionamiento de la actual cámara de refrigeración o diseñar una nueva.
9. Falta de consistencia en la mezcla de almidón.	• Diseñar y construir un instrumento para medir la consistencia de la masa antes de su extrusión.

Áreas problemáticas prioritarias	Razones
1. Proceso para separar la solución de almidón de la solución del fríjol molido para aumentar la productividad de almidón.	• El proceso es simple. • Poca inversión porque el dueño ya tenía una turbina centrífuga extra.
2. Equipos usados en el limpiado en seco y en húmedo.	• El actual sistema de limpiado en seco y en húmedo no es eficiente. • Mejorar la calidad del producto porque el almidón usado actualmente tiene muchas impurezas y se vuelve color café.

Tabla 8 fin.

Áreas problemáticas prioritarias (cont.)	Razones (cont.)
3. Escape en la cámara de refrigeración y mal funcionamiento de la refrigeración en esa cámara.	• Si se soluciona el escape de la cámara de refrigeración, los costos de operación serían más bajos. • Si se mantiene una temperatura uniforme en la actual cámara de refrigeración, mejoraría la calidad del producto. • El dueño ha comprado un vaporizador y un condensador para construir una nueva cámara de refrigeración.
4. Proceso de deshumidificación de la torta de almidón en el depósito de decantación para obtener 35% CH.	• El proceso es simple, pero el dueño tiene que comprar una nueva centrífuga de cesta.
5. Falta de consistencia en la mezcla de almidón.	• Mejorar la calidad del producto. • Poca inversión necesaria, pero este instrumento podría tomar tiempo para hacer la investigación de ese tipo de almidón.

El dueño modificó sus equipos de acuerdo a lo especificado y cuando estuvo listo para hacer un ensayo el grupo de trabajo reunió información sobre el procedimiento mejorado. En la Tabla 7 se muestran los resultados del análisis de la producción de almidón antes y después del mejoramiento del proceso.

Después de hacer el análisis en las prioridades máximas del mejoramiento, el grupo de trabajo invitó al dueño para discutir los resultados. El dueño estaba satisfecho con la mejora debido a la mayor productividad de almidón alcanzada en el ensayo. Se acordó que el trabajo debería continuar con la segunda y tercera prioridad. Se planificó realizar las siguientes actividades: investigar la criba de vaivén, el manipulador para el limpiado en húmedo, la correa transportadora y la temperatura de la cámara de refrigeración (2 semanas); trabajar con un ingeniero mecánico (1 semana) para calcular y especificar los detalles de las dimensiones del nuevo equipo, accesorios y maquinaria necesarios; usar una prueba en papel ferroprusiato para esbozar detalles de especificación (1 semana); construcción e instalación de equipos por el dueño de la fábrica (8-10 semanas); hacer funcionar los nuevos equipos y la cámara de refrigeración y tomar datos (2 semanas); análisis de resultados (2 semanas); y unidad de evaluación del proceso de mejoramiento (4 semanas).

Se terminaron las tres primeras actividades. En marzo de 1983, se le enviaron al dueño copias de cada uno de los planos detallados de equipo y cámara de refrigeración. A fines de mayo de 1983, el grupo de trabajo se puso en contacto con el dueño, quien les informó que la instalación de equipos y la construcción de la cámara de refrigeración se terminaría al mes siguiente.

Estudio de caso: Singapur (planta de fermentación de salsa de soya)

La salsa de soya es un condimento consumido por toda la población de Singapur que se usa como condimento en la cocina y como salsa. La industria se caracteriza por el uso de grandes extensiones de tierra y el lento movimiento del producto. Debido a la limitada cantidad de tierra, la rentabilidad por metro cuadrado de tierra dedicada a las industrias de la fermentación de la salsa de soya es muy baja. Trabajos anteriores realizados por el Instituto de Normas e Investigaciones Industriales de Singapur (INIIS) estuvieron destinados al desarrollo de una cepa de hongo que pudiera acelerar la fermentación. El trabajo realizado más recientemente ha seguido con el diseño de grandes tanques de fermentación en lugar de los tradicionales jarros pequeños de porcelana para minimizar el uso de la tierra y de la mano de obra en una pequeña fábrica cooperativa en Singapur.

Se estableció contacto con la fábrica a través de una encuesta de pequeñas plantas productoras de salsa de soya que formaban parte de las etapas iniciales de un proyecto de investigación. En la Fig. 15 y en la Tabla 9 se muestra el diagrama de producción del proyecto y los detalles del proceso de identificación de las operaciones clave para las posibles mejoras del fabricante. Se estimó que para la fábrica en cuestión la principal prioridad era la fermentación en gran escala.

Fermentación en gran escala de salsa de soya

En Japón y Taiwán la salsa de soya se fermenta en depósitos altos de fibra de vidrio. La productividad de salsa por unidad de superficie es cerca de 10 veces mayor que la local y se fermenta a baja temperatura de alrededor de 20°C. No se deja que entre la luz del sol al depósito herméticamente cerrado de fermentación. El gusto y aroma de la salsa que producen es muy diferente del que se produce en Singapur. Por lo tanto, los productores locales de salsa no quieren utilizar los métodos japoneses ni taiwaneses para hacer la salsa porque a sus clientes no les gusta ni el aroma ni el gusto del producto. Sin embargo, querían producir salsa en un depósito grande para usar menos superficie y menos mano de obra. Los fabricantes hicieron varios ensayos directamente, pero no tuvieron éxito debido principalmente a problemas de infestaciones de plagas. De esta manera era necesario efectuar investigación y trabajos de desarrollo en este campo.

Desde el punto de vista químico el aroma y el gusto de la salsa producida en la región deben estar relacionados a la interacción con la luz solar y el aire mientras que la salsa de soya japonesa y taiwanesa evita estos ingredientes y, por lo tanto, tiene un aroma y un gusto diferentes. El diseño de un depósito grande de fermentación para los fabricantes locales debe contemplar el uso de la luz solar y aire. Esto se puede lograr mediante una tapa transparente, dejando un espacio entre la tapa y el depósito. Con un depósito de fermentación de este tipo los trabajadores no tienen que sacar la tapa para dejar que entre la luz del sol y el aire al depósito y luego volver a poner la tapa cuando llueve. Actualmente se gasta una cantidad considerable de tiempo en la operación de poner y sacar las tapas en varios miles de vasijas cada día y repitiendo esta operación tres o cuatro veces al día porque llueve con frecuencia.

El gerente de la fábrica era un graduado universitario de espíritu amplio. Estaba

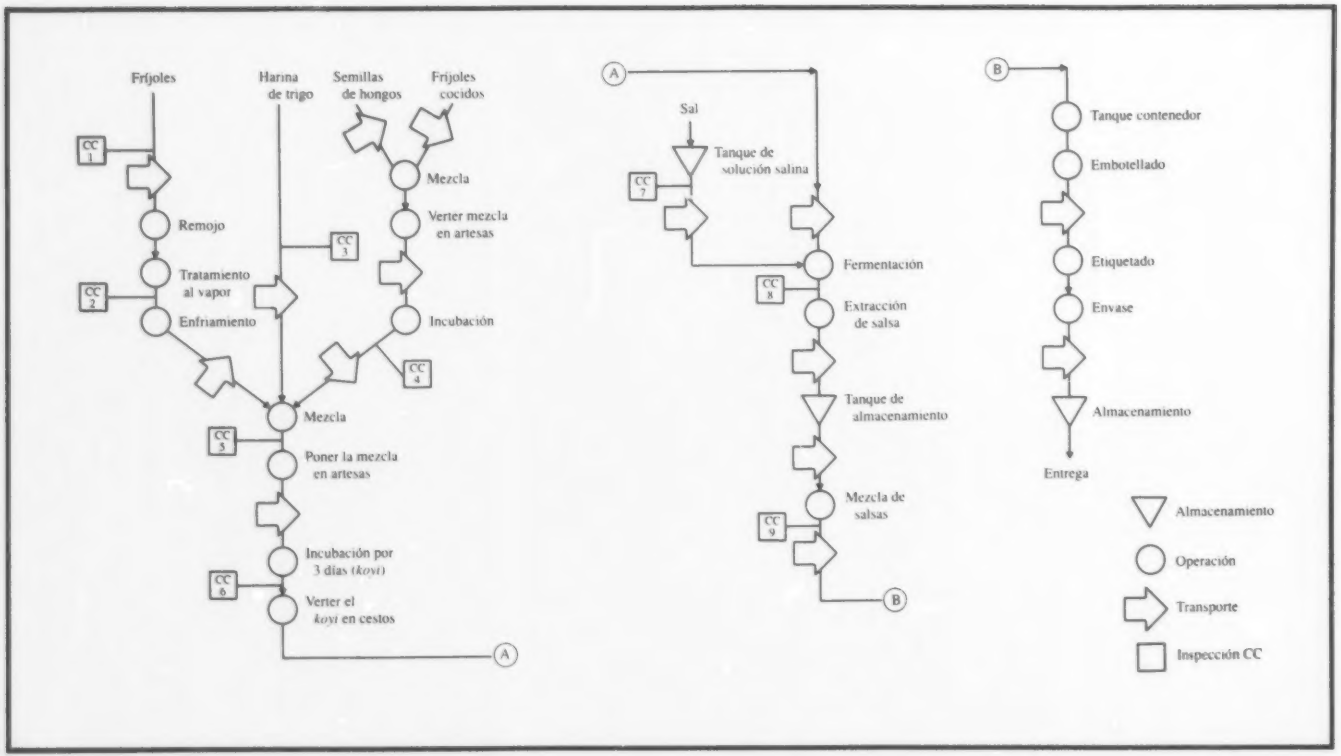


Fig. 15. Diagrama del proceso de producción y plan propuesto para el control de la calidad en la manufactura de salsa de soya.

Tabla 9. Identificación de las operaciones claves para posibles mejoras en la fábrica.

A. Descripcion de la investigacion de operaciones[a]	Mejora posible
1. Aumentar el proceso de fermentación.	a. Diseñar un depósito grande de fibra de vidrio. b. Utilizar vasijas de greda de tamaño más grande.
2. Mejorar la productividad y calidad del producto.	a. Utilizar la técnica de diseño factorial para hacer evaluación. b. Introducir técnicas de control de calidad (introducir pesada y medición del proceso).
3. Introducir la técnica de diagrama de flujo (de materiales).	a. Identificar el actual proceso de flujo y proponer mejoras para la fábrica. b. Establecer archivos de normas cronológicas para información.
4. Mecanización de la operación de llenar, poner tapas y etiquetar.	a. Introducir correa transportadora para manejar el trabajo en proceso de realización b. Comprar una máquina de aplicaciones varias, diseñada de acuerdo a especificaciones, para realizar operación.
5. Mejorar la disposición de instalaciones de la fábrica y el proceso de flujo de materiales.	a. Aplicar la técnica del diagrama de línea. b. Hacer un plano de la disposición de la nueva planta. c. Introducir el camión de extensión de baterías.
6. Utilizar método científico en el control de la producción.	a. Optimización de recursos (mano de obra/equipo). b. Ilustrar secuencia de trabajo utilizando el diagrama de Gantt. c. Plan de pagos de incentivo. d. Servicio y cambio de piezas. e. Selección y evaluación de los nuevos equipos para aumentar la producción.
7. Poner en práctica técnicas de control de existencias y presupuesto.	a. Control realista según demanda estacional y producción estacional. b. Demanda continua, conocida y abastecimiento durante todo el año.
8. Optimización del transporte.	a. Problemas de transporte.

B. Operaciones en investigación y puntaje de las soluciones[b]	
1. Aumentar proceso de fermentación — solución A.	35
2. Mejoramiento de productividad y calidad del producto — solución A y B.	20
3. Introducción de la técnica de diagrama de flujo (de materiales) — soluciones A y B.	15

Tabla 9 fin.

B. Operaciones en investigacion y puntaje de las soluciones[b] (cont.)	
4. Mecanización de la operación de llenar, poner tapas y etiquetar — solución B.	12
5. Mejorar la disposición de instalaciones de la fábrica y el proceso del flujo de materiales — solución B y C.	8
6. Utilización de conceptos de control de la producción — soluciones A, B y C.	5
7. Utilización de técnicas de control de existencias y presupuestos — soluciones A y B.	3
8. Optimización del transporte — solución A.	2
C. Los puntajes más altos indican una mayor prioridad de ejecución para la fábrica	

[a] Las operaciones investigadas se clasificaron en orden de importancia y según la prioridad económica de ejecución en la fábrica. Las soluciones posibles se estudiaron y evaluaron de acuerdo a lo prácticas que eran en la aplicación al cliente.

[b] Las operaciones 6, 7 y 8 no se realizaron debido a las limitaciones de tiempo y a la poca prioridad de ejecución convenida con la gerencia.

interesado en que se hiciera investigación en su fábrica para evaluar esta idea y estaba dispuesto a proporcionar mano de obra, tierra y equipos de procesamiento. A continuación discutimos con él sobre el tamaño del depósito que sería más conveniente para su producción. Nos indicó que su fábrica cocía dos cargas de fríjoles dos veces a la semana. Cada carga de fríjoles pesaba 540 kg de peso seco. En su opinión el tamaño ideal del depósito sería un tamaño que pudiera contener una carga entera. En ese momento estaban utilizando 40 vasijas de greda para contener cada carga. Se diseñó un depósito de fibra de vidrio que podía contener 3 600 L cuando estaba lleno en un 80% de su capacidad. Ocupaba sólo 25% de la superficie que se requería anteriormente cuando se usaban las 40 vasijas.

Se hizo una comparación directa entre el método en gran escala y el método de vasijas tradicionales. El personal de la fábrica observó minuciosamente el progreso de la fermentación en los dos recipientes pudiendo detectar fácilmente si la reacción proseguía bien o no. Después de haber pasado los cuatro meses normales de procesamiento, se tomaron muestras de la salsa del depósito de fibra de vidrio y de la vasija las que indicaron que el contenido proteínico de la salsa del depósito de fibra de vidrio era 71% del contenido de la muestra de la vasija. A mayor tiempo de fermentación el contenido proteínico continuó bajando mientras la concentración de sal aumentó con el tiempo. Esto puede deberse a la relativamente mayor evaporación de las vasijas pequeñas. Antes de hacer la extracción, habitualmente se agrega una solución salina para llenar los recipientes hasta el tope.

Por lo tanto, 1 semana antes de que tuviera lugar la extracción, se agregó una solución salina de 20% de concentración al depósito y las vasijas para suplir la pérdida debida a la evaporación. Se descubrió que el volumen de salsa extraído del depósito grande de fibra de vidrio era 100% mayor que la cantidad equivalente de las vasijas pequeñas. Esto se debió en parte a que se separó la salsa de los sólidos en forma más efectiva incorporando conductos de filtros en los depósitos.

Si no se agregase la solución salina a los depósitos para llenarlos hasta el tope, el contenido de proteína sería similar al de las vasijas (que está diluido en la solución salina). Como el método en gran escala ahorra 75% de la superficie utilizada y una gran proporción de mano de obra (estimada también en cerca de 75%), constituye definitivamente un proceso mucho mejor para elaborar la salsa que el método de las vasijas tradicionales. El costo del depósito de fibra de vidrio es S$2 150.

Después del éxito de este experimento, el dueño de la fábrica de salsa afirmó que en el futuro iba a usar este método nuevo para producir salsa. Ya ha comenzado a instalar los depósitos a razón de dos al mes.

Mejoramiento de la productividad y calidad del producto

Después de discutir con el gerente general de la fábrica se decidió que el mejoramiento de la productividad y calidad del producto podría beneficiar tanto la posición financiera de la compañía como su reputación. Se eligió la técnica de diseños factorial como el método más apropiado para definir las condiciones destinadas a mejorar la productividad y la calidad.

Aun cuando receloso del valor del método de investigación, eventualmente el gerente general de la fábrica aprobó nuestras proposiciones después de discutirlas en detalle y subsecuentemente hizo arreglos para hacer posible la conducción de los experimentos en el recinto de la fábrica. Con el fin de establecer los tratamientos necesarios en 32 vasijas individuales de greda, se puso a disposición de la investigación personal y materiales por un fin de semana. Se reservó una sección especial del patio para las vasijas experimentales y se comenzó un experimento de 2^5 con dos niveles de cada uno de los cinco factores de semilla de soya, harina de trigo y koji en la mezcla, tiempo de incubación y tiempo de fermentación. Se estimó un tiempo de fermentación de 60 días en vez del tiempo normal de 90 días para evaluar la posibilidad de aumentar la capacidad de producción. Se ha reunido ya la primera partida de los 16 resultados para el tiempo de fermentación más corto.

El objetivo consistía en investigar los factores y las interacciones que pueden producir un mejor rendimiento en la elaboración de salsa de soya con mayor posibilidad. La Tabla 10 presenta un resumen de las cuatro mejores muestras de salsa de soya obtenidas. Los datos de la Tabla 10 indican posibilidades de reducir el tiempo de procesamiento a 3 días de incubación y 60 días de fermentación (actualmente cerca de 5 días de incubación y 90 días de fermentación) (muestra 4) con un aumento en la proporción de soya y trigo. Se consideró deseable reducir la proporción de sal, y con el uso de una mayor cantidad de proteína en comparación a la usada en los controles se obtiene un producto satisfactorio.

En la reunión de Vancouver, hubo bastante discusión sobre (a) la necesidad de incorporar una evaluación económica de tales cambios al considerar el beneficio global de dichas mejoras en asociación con la experimentación; (b) el valor de la interpretación gráfica de los resultados para identificar las condiciones mejoradas, aunque sería necesario hacer un análisis estadístico completo para evaluar si los efectos de los cambios son significativos; (c) es necesario que los trabajos futuros consideren la combinación de un depósito grande con la reducción de los tiempos del procesamiento. En general, se indicó que los experimentos realizados

Tabla 10. Resultados de las muestras de las cuatro mejores salsas de soya.

Posición	Número de la vasija de muestra	Materias primas	Día de fermentación	Día de fermentación en solución salina	Sal % p/p	Total de sólido % p/p	Total de proteína % p/p	Total de azúcar % p/p
1	8	HB HF HK	3	60	20	14	7,8	4,4
2	14	HB LF HK	5	60	21	12	7,8	4,4
3	12	HB HF LK	5	60	20	15	7,4	4,0
4	4	HB HF LK	3	60	20	14	7,4	4,0
5	N	NB NF NK	5	90	23	10	6,0	—

DIAGRAMA DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN

Tipo de material	Resumen			
TEMA: Planta de fermentación de soya	Actividad	Actual	Propuesta	Ahorros
DIAGRAMA COMIENZA EN: tinajas en patio	Operación ○	4		
	Transporte ⇨	2		
DIAGRAMA TERMINA EN: La salsa de soya se bombea hasta llenar tanque	Retraso D	1		
	Inspección □	-		
FECHA DE REGISTRO: 30 de abril	Almacenamiento ▽	1		
	Distancia total (pies)	3547,5		
DIAGRAMADO POR:	Duración total	2 días 2 hr 57,44 min		

Item no.	Descripción	Personas	Distancia (pies)	Duración (min)	Símbolo	Comentarios
1.	Llevar cubos de madera y trasladar tinaja exterior (dos)	1	80	0,54		1 cubo de madera por 1 tinaja (total de 43 tinajas) Acarreado al hombro
2.	Sifonar solución en los dos cubos de madera	1		4,44		Cuatro tubos de sifón por cada cubo de madera
3.	Transportar dos cubos de solución a la segunda tinaja más grande exterior	1	85	0,69		La segunda tinaja exterior está cerca del edificio
4.	Vaciar solución del cubo en la tinaja	1		0,49		Acarreada al hombro
5.	Repetir con las 41 tinajas que hay que vaciar en la segunda tinaja grande exterior		3382,5	126,28		
6.	Almacenar salsa de soya en la segunda tinaja grande exterior	1		2 días		La segunda tinaja grande exterior está cerca del edificio
7.	Esperar que se traslade la bomba a la tinaja	1		15		
8.	Bombear la solución de la segunda tinaja, a través de un filtro al tanque	1		30		Todo el tanque de salsa de soya

Fig. 16. Técnicas de diagramación usadas en una planta de fermentación de soya, se muestran las operaciones originales y las propuestas con los ahorros de tiempo logrados en el proceso.

demostraban efectivamente a la administración que no siempre tienen que mantener las condiciones tradicionales de operación para hacer sus productos.

Investigación sobre el mejoramiento del manejo de materiales

Se utilizó la técnica del diagrama del proceso de producción para observar el movimiento de materiales desde la etapa de ingreso de las materias primas hasta la etapa final de producción. En un cuadro se registraron las actividades de cada elemento de trabajo y el tiempo que llevaba realizarlas. En cada visita se estudió

DIAGRAMA DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN

Tipo de material	Resumen		
TEMA: Planta de fermentación de soya	Actividad	Actual	Propuesta	Ahorros
	Operación ○	4	2	
DIAGRAMA COMIENZA EN: Tinajas en patio	Transporte ⇨	2	4	
	Retraso D	1	-	
DIAGRAMA TERMINA EN: La salsa de soya se bombea hasta llenar tanque	Inspección □	-	-	
	Almacenamiento ▽	1	1	
FECHA DE REGISTRO: 18 de mayo	Distancia total (pies)	3 547,5	332,5	3 215
DIAGRAMADO POR:	Duración total	2 días 2 hr 57,44 min	2 días 1 hr 46 min	1 hr 11 min

Item no.	Descripción	Personas	Distancia (pies)	Duración (min)	Símbolo	Comentarios
1.	Llevar la bomba y conectarla a la válvula del tanque de fibra de vidrio en el patio	1	105	25		
2.	Trasegar mediante el uso de la bomba la solución del tanque de fibra de vidrio a la gran tinaja exterior	1		30		
3.	Devolver bomba al depósito	1	105	0,6		
4.	Almacenar por 2 días solución de salsa de soya en la tinaja	1		2 días		
5.	Recoger la bomba y trasladarla a la tinaja	1	62,5	15		
6.	Trasegar la solución bombeándola desde la segunda tinaja a través de un filtro al tanque	1		35		
7.	Devolver bomba al depósito	1	60	0,35		

Fig. 16 continuación.

una sección diferente del proceso (descritas en cuadros individuales). Llevó 3 semanas establecer y verificar completamente los datos. Las prolongadas actividades, que demandan mucho tiempo, se aislaron para hacer estudios en profundidad y diseñar mejores procedimientos para el manejo de los materiales. Los métodos propuestos se van a comparar con el actual método utilizado para calcular el tiempo que se ahorra con el método nuevo. Si se llegara a aceptar, el método propuesto, se usaría para anotar las hojas del proceso y fijar las normas de tiempo para las operaciones de este último. Además, los datos del método actual se usarían para justificar la mecanización de la fábrica y mejorar la eficiencia del trabajo. El trabajo realizado hasta la fecha indica que se ha logrado abreviar el

tiempo del proceso poniendo rampas en las áreas de almacenamiento para facilitar el movimiento de la mercadería, usando cilindros con ruedas para trasladar las bandejas, y poniendo el depósito de llenar más cerca de la zona donde se manipulan las botellas. La Figura 16 ilustra una posición de las técnicas de diagramación utilizadas.

Informes de países

En la segunda parte del seminario, cada participante de un país en desarrollo informó sobre las condiciones que se dan en una típica pequeña empresa procesadora de alimentos visitada en preparación del seminario. Se organizaron pequeños grupos de trabajo, dirigidos por estos participantes, para aplicar algunos de los conceptos metodológicos, introducidos anteriormente en el seminario, a esa situación real con la que él o ella estaba familiarizado. En el escaso tiempo disponible no fue mucho lo que se pudo hacer pero estas sesiones fueron muy útiles debido a la diferente preparación de cada uno de los participantes.

A menudo las discusiones fueron acaloradas y se usaron detalles técnicos sobre las posibles mejoras con las cuales el grupo, esencialmente técnico, estaba familiarizado. Sin embargo, los jefes de grupo intentaron aplicar, frecuentemente con buenos resultados, los conceptos más importantes de identificación de problemas, métodos para seleccionar e introducir posibles mejoras, así como el método de los esquemas operativos, para asegurar una evaluación sistemática y objetiva de las mejoras más convenientes del proceso en la situación real de cada pequeña empresa.

A todos los participantes les gustaron estas sesiones porque tuvieron oportunidad de aplicar sistemáticamente algunas de las técnicas y casi todos estuvieron de acuerdo en que estas metodologías podían ser valiosas para las situaciones enfrentadas por ellos y, en general, eran útiles para una amplia variedad de problemas similares a los estudiados durante estas sesiones. Esta sección contiene una descripción de cada una de las sesiones en base a las notas presentadas por cada grupo para ilustrar los temas discutidos.

Marraquetas (pan) — en Chile

Ubicación: Comuna de La Granja, Sur de Santiago.

Productos: Pan, principalmente marraquetas y otros tipos como hallullas y pan especial.

Materias primas: Harina, levadura, agua, sal, aceite, manteca y aditivos.

Personal: Negocio de familia con miembros de la familia a cargo de la dirección, finanzas, ventas y manejo del procesamiento. Mano de obra de 13 trabajadores.

Costos de mano de obra: $10,946/persona/al mes.

Volumen de material elaborado: 2 500 kg de harina/al día para producir 3 125 kg de pan diarios (67% de marraquetas).

Precio del producto a la venta: $45/kg (CA$0,73/kg).

Mercado: Cerca de 20% del producto se vende en el vecindario inmediato y el 80% restante se distribuye en otros puntos en el sur de Santiago.

Discusion de grupo

Después de detallar los aspectos del proceso de horneo de las marraquetas se decidió hacer el análisis sistemático y establecer los esquemas operativos. A continuación se seleccionaron las prioridades principales.

Propósito: Examinar el proceso existente de horneo de las marraquetas para determinar si era posible introducir mejoras con el objeto de obtener un mayor beneficio económico para el productor y el consumidor.

Alcance: El estudio se limitó al proceso de hacer pan desde la mezcla de las materias primas hasta la distribución del producto terminado.

Diagrama: Fig. 17.

Operación clave: Horneo.

Descripción de la realización: Hay pan recién hecho.

Para generar ideas sobre posibles mejoras se hicieron las siguientes preguntas: ¿eliminar o modificar la operación clave? Estas preguntas tenían varias alternativas que se llamaron "sugerencias", por ejemplo, eliminar — no hacerla o evitar la necesidad; modificar — más números o cantidades o menos; más que — lo que se hace ahora más un poco más; menos que — lo que se hace ahora menos un poco de lo que se hace ahora; u otros — modificar para hacer algo distinto. ¿Qué otra cosa se puede hacer para evitar la necesidad de hacer pan para un mercado que quiere pan caliente 3 veces al día? La respuesta podría ser poner a disposición de los consumidores la masa de marraqueta para que la horneen ellos mismos.

Cada pregunta se puede responder de 5–10 maneras diferentes y producir 40–50 ideas que se puedan evaluar y aceptar o rechazar. Después el proceso se debe continuar para producir todos los enfoques posibles que se puedan someter a estudio y luego más tarde seleccionarse.

Algunos enfoques se analizaron en referencia a importantes criterios para el proceso de selección de la panadería en cuestión, es decir, costo de la investigación, ganancias, tecnología disponible, etc. y se les dio a los criterios un peso relativo.

Después del proceso de selección, se determinaron prioridades específicas para los estudios de investigación iniciales. Se estimó que la mejor manera de cubrir todas las posibles alternativas era siendo más sistemático en la investigación de las posibilidades de mejoramiento y en la evaluación del proceso. Las ideas deberían luego transformarse en proyectos específicos antes de hacer el proceso de selección. Este seminario se concentró en la exploración de las formas para generalidades de perfeccionamiento de acuerdo a los parámetros.

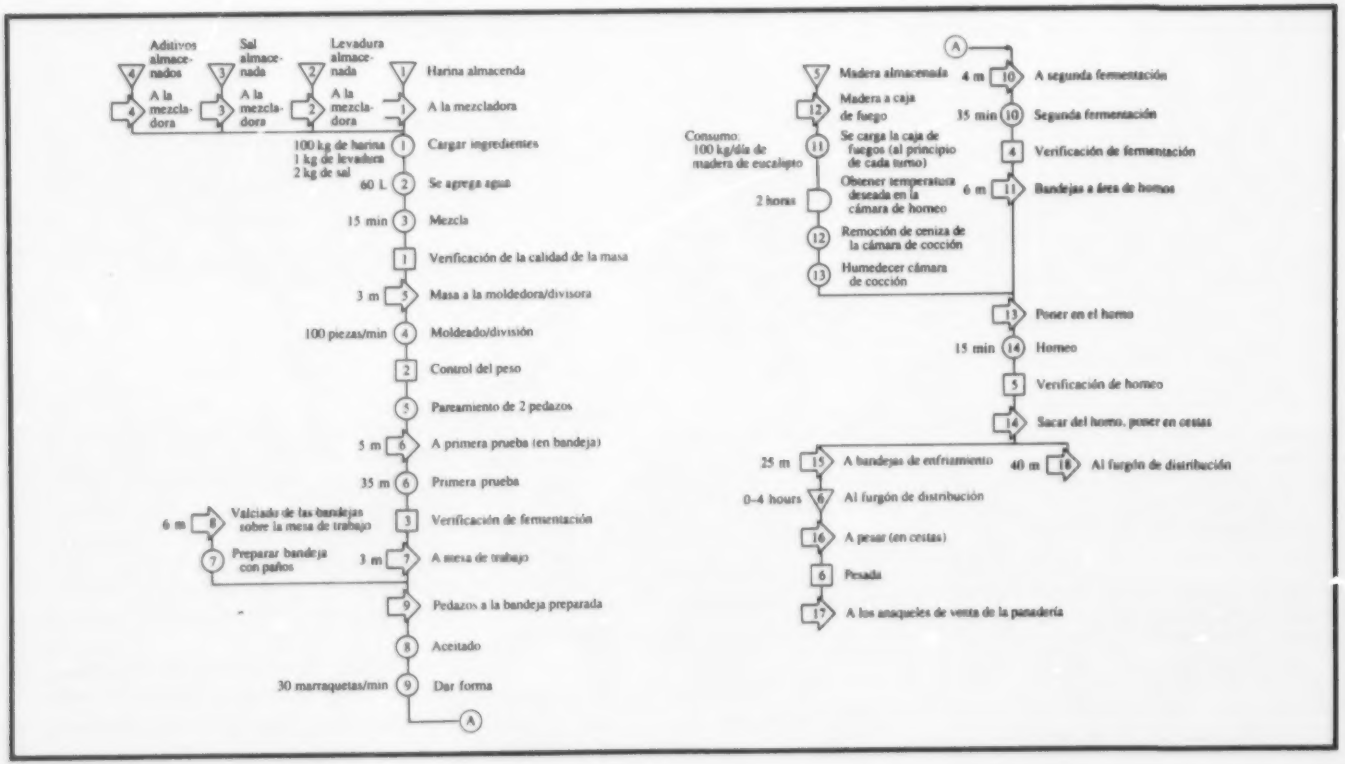


Fig. 17. Diagrama del proceso de producción de una panadería fabricadora de pan marraqueta (Chile).

Patis (salsa de pescado — Filipinas)

Ubicación: 86 km al norte de Manila.

Productos: Patis y salsa soya de imitación.

Materias primas: Diversas especies de pescado. (Precio de la sal del pescado P40,00/45 kg, sal P1,50/kg.)

Personal: Negocio de familia con cinco miembros de la familia actuando como directores y gerentes, mano de obra de un máximo de siete empleados.

Costos de mano de obra: P10,00 a P15,00/al día.

Volumen de material elaborado: 100 banyera (4 500 kg de pescado) al año para producir 500 L de patis puro (1ra clase) y 3 000 L de patis especial (2da clase).

Precio de venta del producto: Patis puro: P17,50/botella de 750 ml.

Mercado: Zona de Pampanga — No puede competir con las marcas conocidas en metro Manila ni tampoco se puede exportar.

Discusión de grupo

Después de hacer el diagrama del proceso de producción y definir el esquema operativo se estudiaron las alternativas en base a los criterios definidos como más importantes para la compañía. A los criterios se les dieron valores ponderados y se clasificaron las alternativas en base a cada uno de estos criterios. Como los principales problemas de la compañía eran de orden financiero se le dio el puntaje más alto al aumento de la productividad para generar más flujo de fondos.

En la selección de procedimientos y alternativas usando la tabla de selección como base de discusión, se encontró que entre las alternativas con mayor potencial estaba el aumento del número y partición de tanques lo que permitiría la fermentación cíclica continua de los lotes sin afectar la calidad del producto en forma adversa.

Sin embargo, igualmente importante es estudiar los procedimientos en relación al problema de los altos pagos de intereses. Se podría formar un nuevo conjunto de criterios sobre este aspecto en consulta con la gerencia y el equipo de investigación.

Tabla de selección

Procedimientos posibles	Criterios: Inversión de capital baja 1 (50)	Introducción de poca tecnología 2 (30)	Aumento de ingresos 3 (50)	Aumento de productividad 4 (70)	Tiempo y costo de la investigación 5 (20)	Total
1. Aplicación de la tecnología apropiada:						
pH	40	25	30	50	10	155[a]
Temperatura	20	20	40	65	12	157[a]
Koji	30	15	35	55	9	144
2. Cortar el pescado	48	30	25	40	12	155[a]
3. Número mayor/partición de tanques	15	30	35	50	15	145[a]
4. Demora del pago inicial	50	30	—	—	20	100
5. Prolongación del período del préstamo	50	30	—	—	20	100
6. Pasteurización	35	25	25	30	12	127
7. Mezcla	25	20	30	60	5	140
8. Mejores archivos	40	25	10	10	10	95
9. Alimento de animales	48	28	15	20	20	131

[a] Procedimientos con los puntajes más altos que es necesario investigar más.

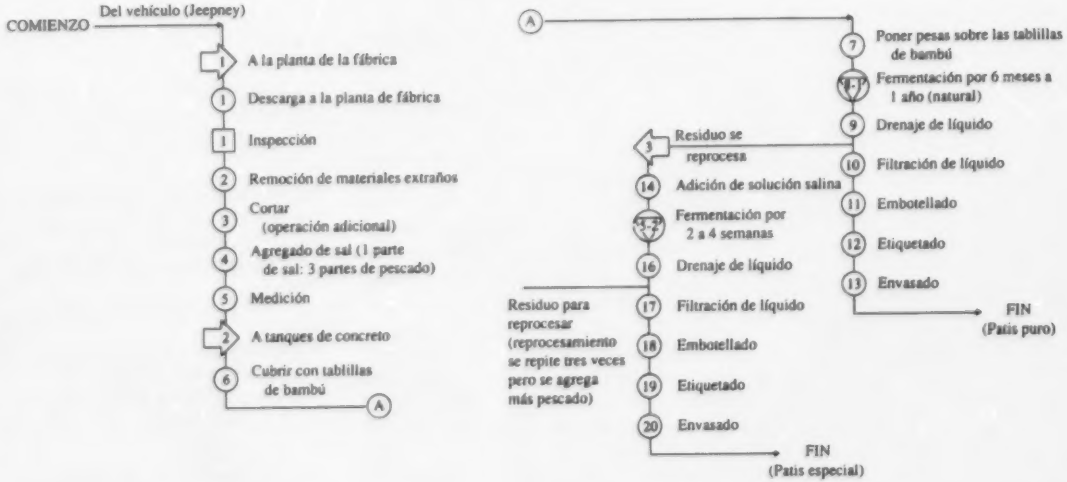


Fig. 18. Diagrama del proceso de producción del patis (salsa de pescado) en Filipinas.

Panadería de pan balady — Egipto

Ubicación: Giza, Egipto

Productos: Un pan plano de dos capas denominado "balady".

Materias primas: Harina de trigo (82% de extracción), levadura ácida, sal, salvado de trigo, y agua.

Personal: En la panadería trabajan ocho personas: dos preparan la masa, dos dividen la masa en pedazos, uno aplana los trozos, uno transporta el producto dentro de la panadería, y el dueño es responsable de controlar el trabajo y vender el pan.

Costos de mano de obra: Por cada 100 kg de harina el costo de la mano de obra representa 52 piastras por preparar la masa, 86 piastras por hornear, 46 piastras por dividir y 23 piastras por transporte.

Volumen de materia elaborado: Se necesitan 840 t de harina de trigo al año (2,4 t/día) para producir 74 millones de hogazas de 169 g cada una.

Precio del producto a la venta: Una piastra por hogaza.

Mercado: La región de Giza.

Discusion de grupo

Debido a la rápida expansión de la población de Egipto ha surgido una preocupación por aumentar la producción de pan. En la actualidad, el gobierno subvenciona la producción de pan y el precio de venta es, por lo tanto, muy bajo. Debido a los hábitos tradicionales de consumo y al hecho de que 30% del pan es masa gelatinizada, es decir, pan no horneado, los consumidores solo comen la corteza y desechan el resto. Esto representa una gran perdida del ya escaso trigo. Otras pérdidas importantes ocurren durante el proceso de producción en la panadería misma. El pan también se usa como alimento para animales por ser tan barato, perdiéndose de esta manera una gran cantidad de pan para el consumo humano.

Respecto a la producción del pan "balady", el grupo decidió que el mejoramiento de la calidad del pan o el suministro de un pan de calidad superior en la forma de otro producto de panadería podría reducir el desperdicio y la cantidad de trigo que se importe. También se estimó que sería necesario estudiar la posibilidad de aumentar el precio de venta del pan con el objeto de aumentar su calidad. Entre las posibles formas de mejorar el proceso de producción del pan en la panadería, el grupo discutió las siguientes: varios métodos para aumentar la cantidad de panes que se ponen en el pequeño horno de pan "balady", disminuir el tiempo de verificación, mejorar el procedimiento de división o distribución de la típica masa húmeda, reorganizar el método de enfriamiento, y estudiar el empaquetado del pan para mantenerlo fresco por más tiempo.

Después de investigar criterios para mejorar la calidad, aumentar la producción y disminuir los costos de producción, se acordó que las principales áreas que requerían acción inmediata eran el aumento del diámetro del pan y la productividad del horno.

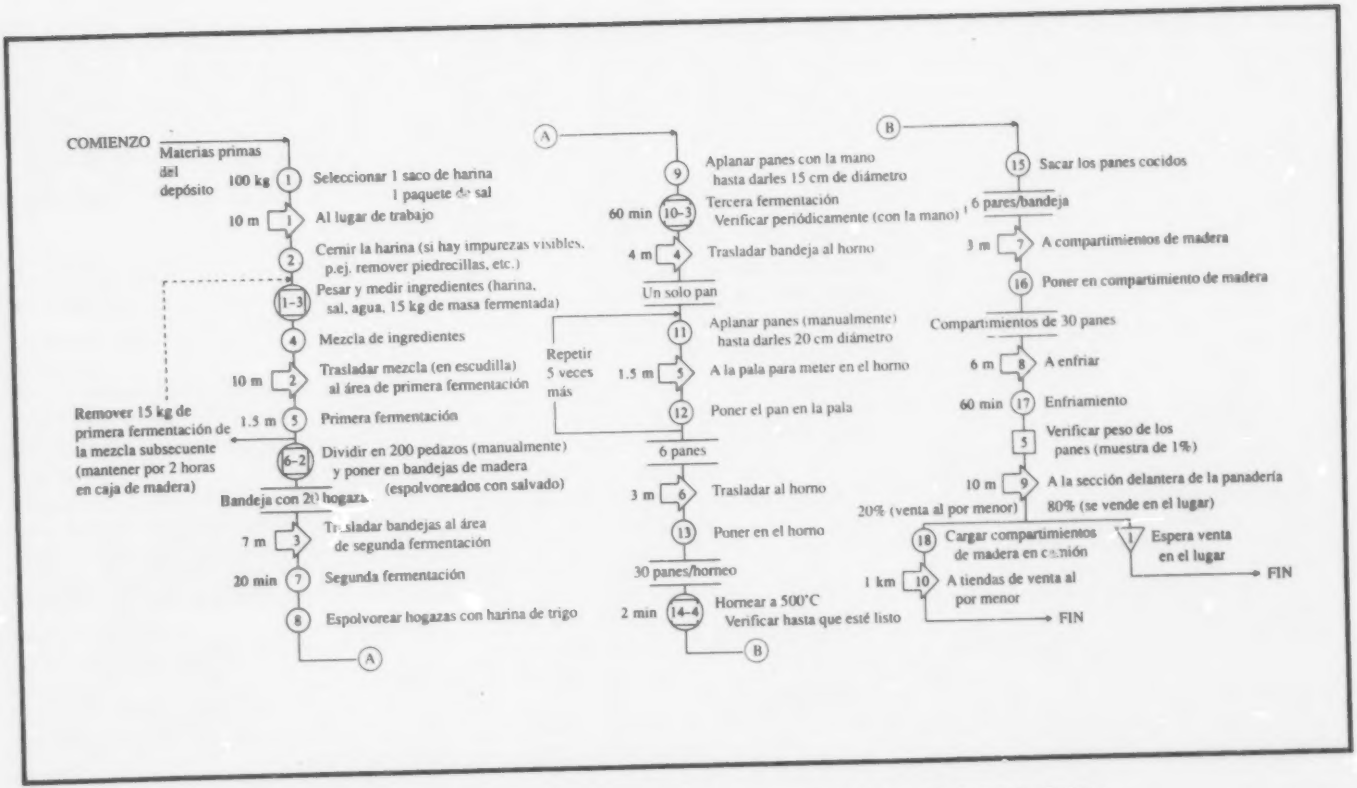


Fig. 19. Diagrama del proceso de producción en una panadería de pan "balady" de Egipto.

Fruta confitada — Jamaica

Ubicación: 90 km al noroeste de Kingston, Jamaica.

Productos: El producto principal es fruta y cáscara confitada y mezclada, y la línea secundaria es akeas en conserva (fruta de árbol).

Materias primas: Naranjas de jugo, papaya, chayote y akeas.

Personal: El personal consiste en un director gerente (voluntario), un director de planta, un contador/secretario, tres asistentes administrativos, 20 trabajadores de taller permanentes y 40 trabajadores de taller estacionales.

Costos de mano de obra: J$56 000 al año.

Volumen de material elaborado: 212 400 kg de materia prima al año para producir 106 200 kg de productos.

Precio del producto a la venta: J$3 por libra.

Mercado: Panaderías y consumidores en toda la isla. Posibilidades futuras de exportación a la Comunidad Caribeña de Naciones (CARICOM).

Discusión de grupo

Después de establecer el diagrama del proceso de producción se identificaron las áreas problemáticas. Se observó que el principal atolladero era el espacio de taller necesario y el prolongado tiempo requerido en la etapa del proceso consistente en almibarar la fruta. En seguida se procedió a elaborar un esquema operativo que sirviera como método para guiar el mejoramiento:

Finalidad: Examinar el proceso de almibarar la fruta y desarrollar un método más rápido para el confitado de la papaya.

Alcance: Todo trabajo cubrirá actividades posteriores a la preparación de la fruta hasta el envase final del producto.

Diagrama: Fig. 20.

Operación clave: Almibarar la fruta.

Definición del resultado conseguido: La fruta tiene el contenido deseado de azúcar.

En una corta sesión de generación de ideas se indicó una variedad de posibilidades para superar los problemas del almibaramiento algunas de las cuales consistían en incorporar una etapa de secado y otras que consistían en eliminar totalmente la necesidad de almibarar, porque se pueden emplear otros métodos de presentación para suministrar productos de mayor valor que la fruta, p.ej., tiras de fruta, mermeladas, frutas secas, etc. Sin embargo, el grupo volvió a centrar su atención sobre mejoras que se pueden incorporar en la fábrica actual sin cambiar el producto.

Se hizo un ejercicio de selección utilizando una variedad de criterios considerados importantes para la compañía jamaicana. Entre estos criterios se encontraban el costo del capital mínimo, reducción del costo de producción, implicaciones de reentrenar al personal, tiempo necesario en investigación y efecto sobre la calidad. Los criterios se clasificaron y luego se dio puntaje a cada una de las ideas de mejoramiento según los criterios, por consenso del grupo.

Esta discusión de grupo fue particularmente interesante porque uno de los participantes había estado asociado con la compañía rural de procesamiento durante varios años, de manera que los comentarios y la discusión simularon el tipo de reunión que los investigadores necesitan tener con los directores de pequeñas empresas para identificar inicialmente las mejoras pertinentes.

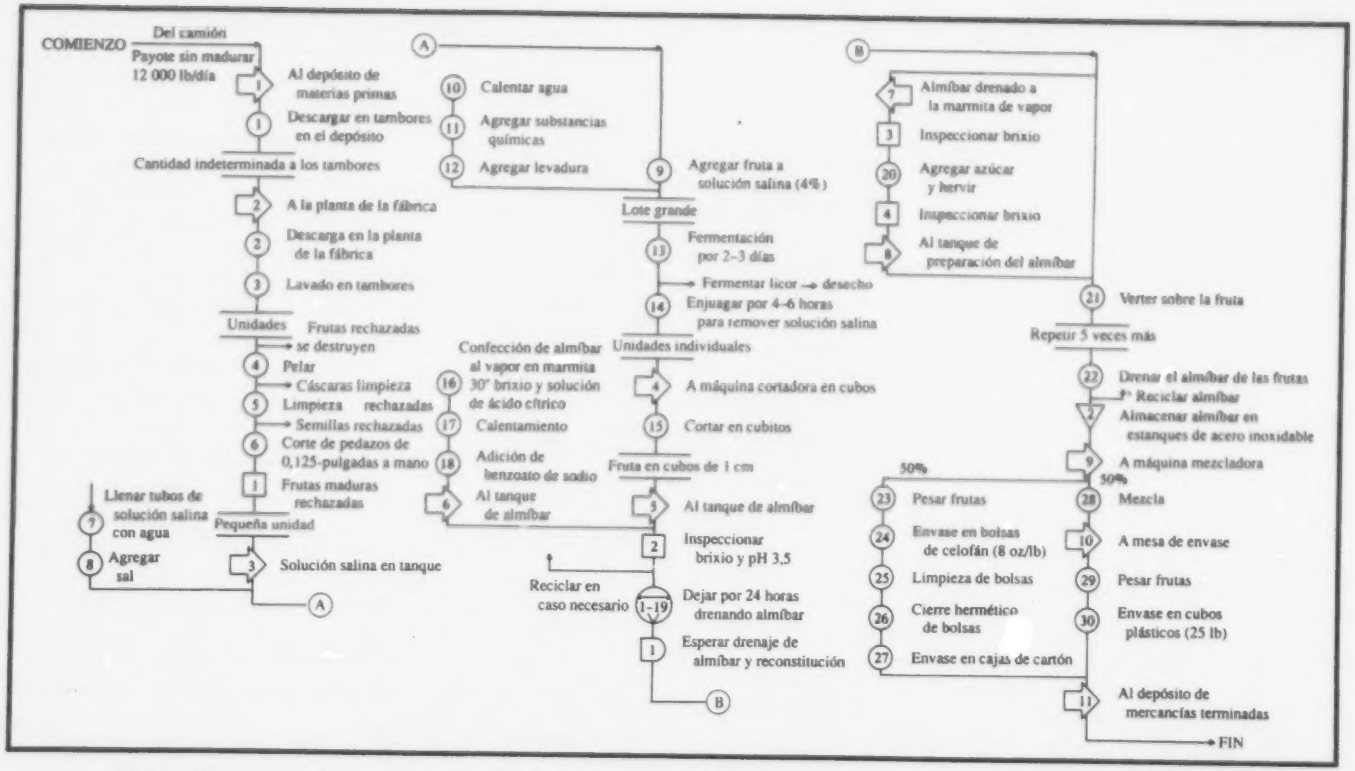


Fig. 20. Diagrama del proceso de producción de fruta confitada (papaya confitada) en una planta procesadora de Jamaica.

"Papadams" (galleta hecha de una leguminosa) — Sri Lanka

Ubicación: 160 km de Colombo, Sri Lanka.

Productos: Pan, galletas, fideos, aceites comestibles, arroz y harina de garbanzos.

Materias primas: harina de garbanzos negros, sal común, polvos de hornear y aceite de coco.

Personal: Cuarenta trabajadores y dos supervisores.

Costos de mano de obra: US$45 por día.

Volumen de material elaborado: 500 kg de papadams por día.

Precio del produto a la venta: US$1 por kilo.

Mercado: En todo Sri Lanka.

Discusión de grupo

En la discusión de grupo de Sri Lanka tuvo lugar el mismo proceso de definición del esquema operativo:

Finalidad: Encontrar métodos económicos para aumentar la producción

Alcance: El proceso total de producción.

Diagrama: El diagrama se modificó como resultado de la discusión (Fig. 21).

Operación clave: Se discutieron tres importantes operaciones claves: (a) mezcla de la harina con el agua para hacer la masa, (b) darle forma al producto (apretando, prensando), y (c) secado. Respecto al proceso total, se estimó que la operación clave era la mezcla.

Definición del resultado conseguido: Se ha obtenido la masa.

En seguida se identificaron las áreas problemáticas, oportunidades de mejoramiento y posibles métodos, así como los criterios de selección y los métodos para calificar.

En base a los puntajes totales se determinó que el mejoramiento con las mejores posibilidades de superar la baja productividad y falta de uniformidad en la forma del producto, asociada con los métodos enteramente manuales utilizados en la actualidad, consistía en darle forma al producto mecánicamente.

Se indicó también que el puntaje se debería hacer nuevamente de manera más detallada cuando se dispusiera de mayor información sobre el posible uso de secadoras mecánicas, ya que una vez que se aumenta la productividad mediante el mejoramiento en el manejo de los materiales, el área siguiente donde se podrían introducir mejoras sería el de un secado más rápido y más controlado.

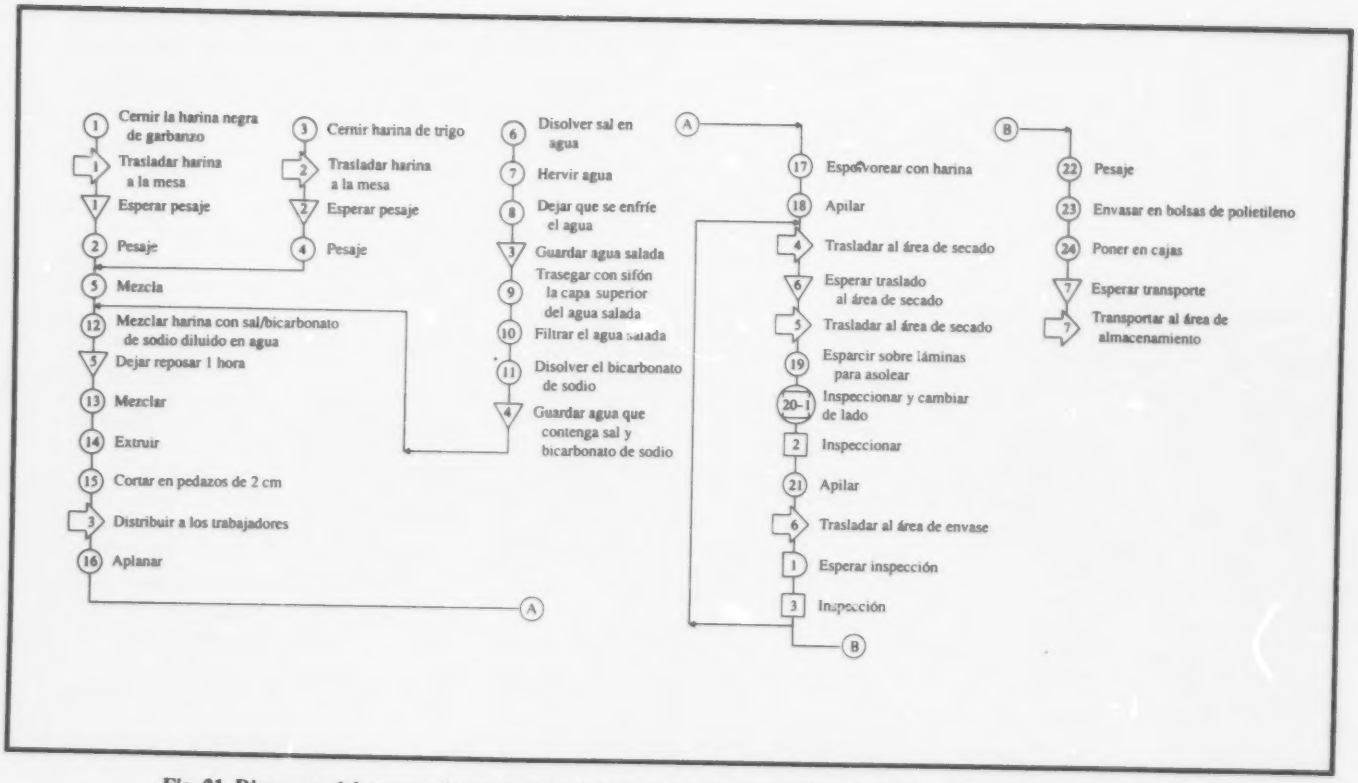


Fig. 21. Diagrama del proceso de producción de "papadams" (una galleta a base de leguminosas) en Sri Lanka.

Keropok (galletas a base de pescado) — Malasia

Ubicación: 560 km al nordeste de Kuala Lumpur situada en la costa este del estado de Trengganu.

Productos: Principalmente keropok de pescado.

Materias primas:: Principalmente dos tipos de pescado de las especies Clupea y Quirocentro.

Personal: Un propietario gerente, un gerente asesor, ocho trabajadores calificados y semicalificados y 35 trabajadores no calificados.

Costos de la mano de obra: Por contrato — el salario promedio de los trabajadores calificados y semicalificados es de 250–350 M$Ringgit al mes y el de los trabajadores no calificados de $150–200 al mes.

Volumen de material elaborado: 925 kg de pescado para producir 600 kg de keropok por día.

Precio del producto a la venta: $1,00 por paquete de 300 g.

Mercado: Varias ciudades importantes en Malasia y Singapur.

Discusión de grupo

Se discutió el diagrama original del proceso de producción y se dieron números a las etapas de elaboración, junto con la cantidad de materiales empleada, el tiempo estimado requerido, etc. Se confeccionó un nuevo diagrama donde se incorporaron las modificaciones sugeridas. Se determinaron las siguientes oportunidades de mejoramiento y los siguientes problemas: mejora de la calidad y presentación, mejora del envase, aumento de la producción, uniformidad de la forma, grosor, etc.; secado durante la estación húmeda y de lluvias esporádicas; utilización de los desperdicios; eliminación de atolladeros tales como el proceso de cocer al vapor, enrollado, etc.; formulación del producto; y combinación de las operaciones de mezcla, extrusión y rebanado.

Las oportunidades de mejoramiento determinadas se vieron a partir de las siguientes necesidades: evitar que los productos se estropeen durante el almacenamiento, distribución y en las tiendas de venta al por menor; mejorar la calidad y atractivo del producto para aumentar la demanda del mercado; aumentar la producción para satisfacer el aumento esperado en la demanda; la necesidad de elaborar el producto durante la temporada de suspensión de actividades para mantener el mercado y para mantener la subsistencia de los trabajadores; y para tener un mejor método de secado que fuese independiente de las condiciones climáticas. En el grupo se desarrollaron los siguientes criterios para ayudar a seleccionar: efecto sobre la calidad, efecto sobre la producción, efecto sobre el costo de la producción, implicaciones de higiene, consecuencias sobre el costo de inversión, aumento de la capacidad de producción, productividad de la mano de obra, disponibilidad de materias primas, tiempo y costo de la investigación, experiencia técnica disponible, y rentabilidad.

El paso siguiente consistió en establecer una lista de oportunidades de introducir mejoras teniendo en cuenta estos criterios. Desde el proceso de selección se hizo evidente la necesidad de estudiar algunas posibilidades. El proceso se puede repetir para cada una de las áreas de estudio al tiempo que se hacen listas con una gama de opciones. Para cada opción se pueden evaluar en forma más detallada el costo de inversión, cambio en la capacidad, costo de la investigación, conocimientos técnicos, y otros insumos importantes tales como mano de obra, costo de las materias primas, etc. También se debería preparar un diagrama de Gantt para cada estudio con el objeto de indicar el tiempo empleado en el estudio de investigación de las diversas opciones y suministrar de esta manera otra base sobre la cual hacer la selección.

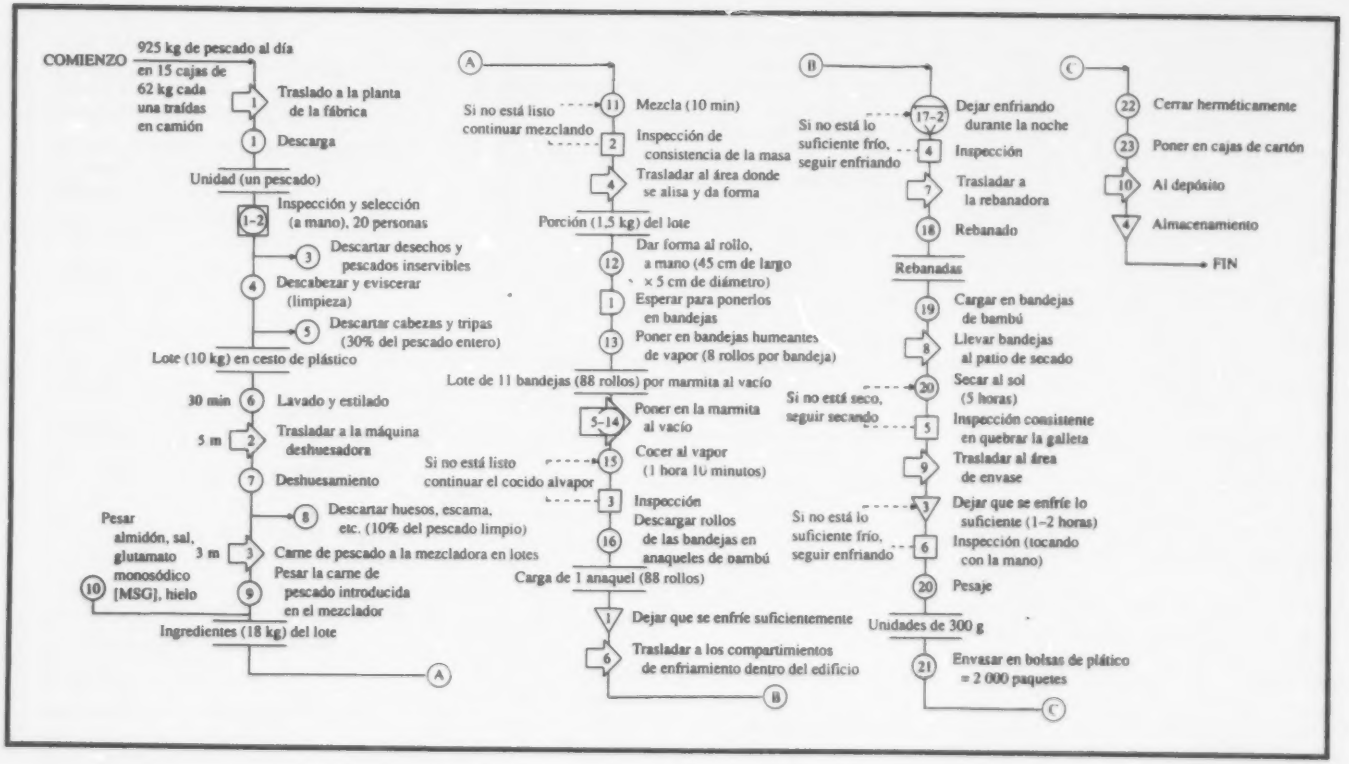


Fig. 22. Diagrama del proceso de producción del keropok (galletas de pescado) en Malasia.

Elaboración del café — Guatemala

Ubicación: San Lucas Tolimán, Sololá.

Productos: Café en seco.

Materias primas: Fruta del café.

Personal: Un gerente, un cuidador del depósito, un vigilante, y tres trabajadores permanentes.

Costos de mano de obra: Ordinarios: Q0,51 por hora. Extraordinarios: Q0,66 la hora (Q1 = US$1).

Rendimento: 1 816 kg/día de fruta del café.

Precio del producto a la venta: Fluctúa diariamente, aproximadamente Q1 630/t.

Mercado: Después de eliminar el tegumento del endocarpio, el producto se exporta a Europa, los EEUU, y Canadá.

Discusión de grupo

Ante todo, se volvió a trazar el diagrama del proceso de producción teniendo en cuenta las experiencias reunidas durante el seminario. En este caso el proceso era complejo, pero se delimitó un ámbito de referencia general:

Finalidad: Aumentar las utilidades de la operación de elaboración de café mediante una reducción de los costos y haciendo un mejor uso de los productos secundarios.

Alcance: La operación de todas las plantas elaboradoras de café de la cooperativa.

Operación clave: Debido a que el proceso de producción involucraba la producción de productos intermedios en diferentes etapas, tanto el secado como el descascarillado y la fermentación se identificaron como operaciones claves.

Determinación del resultado conseguido: Separación de la pulpa, mucílago, humedad y granos de café; se producen granos secos y la mayor parte de la humedad se ha extraído de los granos de café.

El método de la operación clave fue difícil de aplicar, a menos que el proceso se repartiera en sus actividades individuales. Una observación crítica y en una fase temprana que abarcara quizás los costos relativos de cada actividad, podría hacer resaltar las actividades donde sería necesario introducir mejoras. Una investigación detallada de diferentes ideas para conseguir el resultado que se busca se podría llevar a efecto en las actividades prioritarias.

La discusión se centró luego sobre la aplicación práctica de las técnicas. Por ejemplo, se sugirió el establecimiento de contacto directo con la Federación de Cooperativas Elaboradoras de Café (FCEC) para solicitar su participación en un programa de investigación con ICAITI, cuyos objetivos serían determinados por FCEC. Se debería recolectar información sobre las plantas elaboradoras de café (beneficios) de la FCEC y los sistemas de administración utilizados. Se deberían entonces celebrar sesiones de trabajo con los investigadores de ICAITI y la FCEC para identificar los problemas y buscar las posibles soluciones. Después de llegar a un acuerdo con la FCEF, el proyecto debería comenzar a reunir información relacionada con los costos e ingresos actuales del proceso donde se introducirán mejoras con el objeto de tener una base de comparación una vez que se realicen los cambios o innovaciones.

También se presentaron datos obtenidos en estudios de ingeniería industrial que se realizaron en un beneficio rural. La discusión se centró en la dificultad de obtener datos confiables de este tipo en una pequeña empresa rural tan complicada. Se compararon los datos sobre la utilización de la mano de obra, duración de la elaboración y costos del proceso tradicional de separación (secado en patio) y del secado artificial usando una secadora de plataforma (2 t de capacidad) con aire calentado por la quema de la pulpa seca del café y leña. Se demostró que se podían lograr ahorros importantes y acelerar el proceso empleando la secadora con o sin secado parcial en los patios.

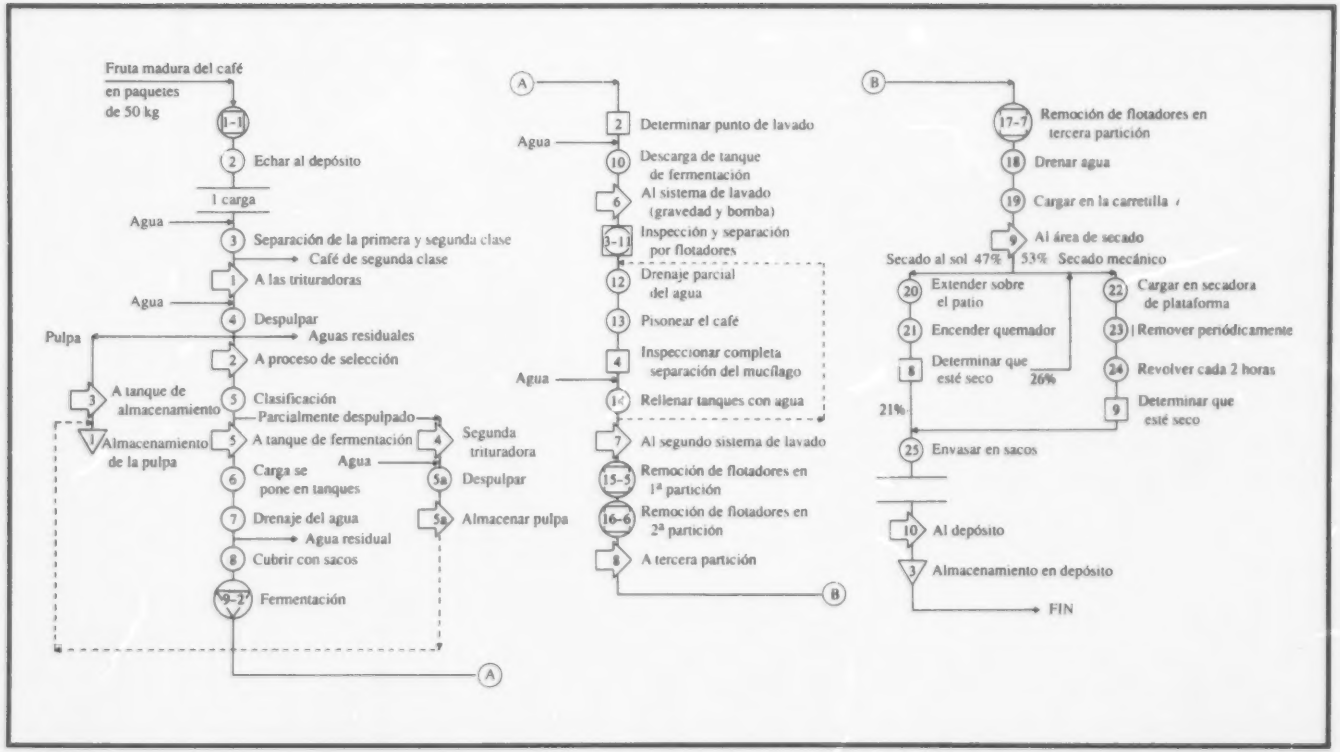


Fig. 23. Diagrama del proceso de la operación de elaboración de café en Guatemala.

Conclusiones y recomendaciones

Los asistentes intercambiaron ideas activamente en el seminario, en algunas ocasiones con gran entusiasmo, asegurando que los conceptos introducidos se ajusten mejor a situaciones específicas. La visita a la fábrica resultó útil para intentar aplicar algunas de estas ideas y permitió a los participantes tener una experiencia común, que, a su vez, llevó a útiles interacciones. Sin embargo, se debe señalar que la pequeña planta elaboradora visitada era bastante más avanzada que las generalmente existentes en los países de los participantes, por lo que es posible que los beneficios esperados de esta visita hayan sido más limitados en lo que respecta a la comprensión de los problemas. Esto subraya la necesidad de que las actividades de este tipo se lleven a cabo en el futuro en países en desarrollo.

Las gestiones de trabajo a cargo de cada uno de los participantes tuvieron un gran éxito. Las mismas indicaron la medida en que los participantes habían comprendido los conceptos metodológicos presentados, así como las ventajas del trabajo en grupo para la definición de problemas, criterios de evaluación y oportunidades. Sin embargo, la insuficiencia de datos impidió el trabajo detallado de estas sesiones. Esta deficiencia podría solventarse si, en el futuro, los seminarios se basan en un proyecto de pequeña industria activa, más avanzado, como ocurre en Tailandia. Las numerosas intervenciones de los representantes de Tailandia y Singapur indicaron claramente que éstos, debido a su experiencia, comprendían la importancia y beneficios de un enfoque sistemático comprensivo para encontrar soluciones a los problemas relativos a la elaboración de alimentos tradicionales. Los participantes estuvieron de acuerdo en que la realización de varios proyectos de este tipo permite acumular experiencia y que el intercambio de opiniones con otros investigadores en otras reuniones en que se analicen proyectos podría conducir a la preparación de metodologías técnicas apropiadas. Para acelerar este proceso, sería necesario brindar capacitación sobre técnicas específicas.

Se espera que los visitantes de las Filipinas, Malasia, Guatemala y Chile presenten al CIID solicitudes de ayuda para proyectos. Se sugirió la formación de un pequeño grupo de trabajo integrado por representantes de los proyectos en curso, que se reunirá, al menos, una vez al año para analizar el progreso alcanzado con respecto a metodología, y para hacer hincapié en las áreas que requieran cooperación en el desarrollo futuro de este campo. Este plan podría resultar más económico que la organización de seminarios con mayor número de participantes durante los próximos 2 años.

El principal asunto planteado durante la reunión, que podría requerir atención posterior por parte del grupo de trabajo, fue la preocupación sobre los gastos incurridos por los grupos de investigación que llevan a cabo esta investigación aplicada en fábricas, sin muchas posibilidades de recibir contribuciones financieras

importantes de los propietarios de pequeñas fábricas. Las limitaciones financieras se contraponen a la necesidad de mantener la confidencialidad de la información para la fábrica, lo que podría impedir la mayor difusión de los resultados de la investigación en pequeñas fábricas similares que, si así no fuera, podría reducir los costos de investigación por fábrica. Por lo tanto, es importante proponer posibilidades creativas que permitan salir de este círculo vicioso, teniendo en cuenta las limitaciones institucionales, culturales y financieras de cada grupo de investigación. El CIID podría, quizás, poner en contacto a los investigadores con otros grupos de investigación de pequeñas industrias que han encontrado solución a este dilema. Está previsto prestar ayuda a los investigadores para que den inicio a proyectos en este campo, así como brindar asistencia para la formación de un grupo de trabajo cuando haya en marcha un número suficiente de proyectos. Entonces el grupo de trabajo podría sugerir actividades futuras.

A continuación se presentan algunas de las conclusiones y recomendaciones específicas a que llegaron los participantes en el seminario:

- Hubo consenso general acerca del importante papel de la pequeña industria alimentaria en los países en desarrollo y de que en el plan nacional de algunos de los mismos, se incluye el mejoramiento de esta industria. Aunque no cabe duda de que los gobiernos pueden desempeñar un papel importante fomentando las investigaciones en este sector, lo que no siempre ocurre, se sugirió que los investigadores usen sus propias iniciativas para comenzar a trabajar en este campo, estableciendo contactos directos con la industria, quizás a través de las actuales federaciones de la industria alimenticia. Una vez dados esos pasos, podría justificarse el continuo desarrollo de esta área de investigación, así como la solicitud de fondos a los gobiernos.

- La metodología empleada en el pasado para el desarrollo de la industria alimenticia en pequeña escala ha demostrado ser inadecuada. En opinión de los participantes, el enfoque presentado en este seminario, aunque no había sido elaborado exclusivamente para esta industria, podría adaptarse y llegar a ser un método sistemático de evaluación y solución de los problemas de las empresas alimenticias pequeñas. Podría continuar siendo necesario que los investigadores fueran flexibles y utilizaran su buen juicio al aplicar estos enfoques.

- El método más apropiado para elaborar la metodología es la acumulación de experiencia en fábricas pequeñas. Se formularon varias sugerencias para contribuir a acelerar este proceso, dada la necesidad de desarrollar teoría y práctica. El intercambio de experiencias entre países en desarrollo podría resultar útil, para lo cual se podrían organizar seminarios similares en países en desarrollo. En países donde el inglés no es el idioma científico predominante, podría ser necesario la traducción de los informes, tal como es el caso en este seminario.

- Las necesidades de capacitación fueron también objeto de extensas discusiones. Los participantes estuvieron de acuerdo en que la manera más apropiada de proporcionar capacitación es durante el transcurso de los proyectos, ya que el personal nuevo y sin experiencia podría entrar en contacto con la metodología y las técnicas trabajando con investigadores experimentados en los proyectos actuales. Aunque la modalidad más eficaz es la participación en proyectos que se lleven a cabo en fábricas en los países

en desarrollo, podría obtenerse capacitación intensiva en la aplicación de técnicas específicas para la solución de problemas industriales trabajando en instituciones apropiadas de países desarrollados. Dos de los participantes, David King y Graham Rand, indicaron que sus instituciones podrían proporcionar ese tipo de capacitación. Otra posibilidad sería que la capacitación estuviera basada en las situaciones imperantes en los países en desarrollo, con la visita de un asesor de una institución de un país desarrollado; sin embargo, esto requeriría más preparación sobre el terreno y la garantía de que el asesor es capaz de adaptar su enfoque al contexto del país en desarrollo.

- Se hizo mucho énfasis en las ventajas de equipos multidisciplinarios. Esto se había alentado en muchas de las instituciones representadas en el seminario, que cuentan con especialistas en muchas disciplinas. Se informó que otras instituciones no tenían dificultades para lograr la participación de ingenieros, economistas, etc., del exterior, por ejemplo, de las universidades.

- Los participantes estuvieron de acuerdo en que el equipo de investigación debería contar con la participación, en la medida de lo posible, de todo el personal. Si esto no fuera posible, se debería tratar de lograr un nivel mínimo de participación en las reuniones más importantes (por ejemplo, en las sesiones en que se determinan temas a investigar). Esta participación podría servir para que el personal administrativo aprenda la metodología, de manera que, con el tiempo, pueda encontrar por sí mismo soluciones a los problemas.

- Cuando se trabaja en un equipo numeroso y diverso, podría ser difícil llegar a consenso sobre todos los puntos en el proceso de toma de decisiones. Para salvar este escollo, la responsabilidad de las decisiones cotidianas podría delegarse a miembros específicos, responsables de sus acciones. Solamente los puntos más importantes requerirían decisiones colectivas.

- Los participantes estuvieron de acuerdo en que sería posible organizar seminarios regionales, que podrían aprovechar la experiencia de los representantes de los países en desarrollo participantes en seminarios anteriores. Se cree que en el futuro se reducirán las contribuciones de los expertos de países desarrollados.

- Manteniendo alguna forma de comunicación entre los proyectos y estudiando la posibilidad de establecer pequeños grupos de trabajo, se podría adelantar los principales aspectos relativos al desarrollo de metodología y gestión del proyecto. Sin embargo, la celebración de reuniones en el lugar del proyecto de investigación requiere instalaciones, tiempo y energía, por lo que estas reuniones deberían reducirse al mínimo. Como alternativa a éstas, se propuso la distribución regular de informes de progreso de cada proyecto para mantener los contactos y estar al corriente de los acontecimientos. También podrían estudiarse otras alternativas para mantener el impulso alcanzado en lo que respecta al desarrollo de metodología y técnicas.

- En el fondo, este tipo de investigación debería estar financiada, al menos en parte, por las empresas que se benefician de la misma; sin embargo, se reconoce que, inicialmente, mientras se obtiene experiencia y se establece credibilidad, este enfoque podría encontrar serios obstáculos. Podría ser necesaria ayuda financiera de diversas fuentes externas, tales como gobiernos u organizaciones de ayuda. Se podría también demostrar a los directores de

instituciones los beneficios que su institución podría derivar de este tipo de actividad. Por ejemplo, los investigadores obtendrán experiencia sobre la industria local y establecerán contactos que podrían resultar útiles a largo plazo para preparar programas de investigación útiles y servicios de asesoría prácticos para las pequeñas empresas alimentarias.

- Las instituciones deben incluir en sus proyectos un método que permita contabilizar los beneficios de las inversiones en las investigaciones realizadas. Esta información estimularía la participación de otras fábricas en proyectos similares al demostrar sus ventajas económicas. Asimismo, el índice de costo–beneficio podría justificar el empleo de fondos del instituto, aumentar el respaldo de los gobiernos y alentar el establecimiento en su institución de servicios de investigación sobre pequeñas industrias.
- Para fomentar la difusión de los resultados y el intercambio de experiencias, se podría publicar los resultados de los estudios de mejoramiento de procesos, para lo cual existen diferentes vehículos. Se podría solicitar a las instituciones que sometan al gobierno resúmenes de su trabajo; y éstas podrían informar sobre su trabajo en sus propios países. Se sugirió también la posibilidad de publicar en revistas especializadas discusiones sobre metodología y ejemplos de estudios de casos. Para mantener la confidencialidad de la información, no se deberían publicar los datos económicos técnicos ni la identidad de las fábricas donde se realizó el estudio.
- Existe gran número de técnicas para lograr que la administración de las fábricas llegue a comprender las oportunidades de mejoramiento existentes, que ya se han llevado a la práctica con éxito, tal como se comenta en la sección "Contacto con las Pequeñas Empresas."
- El grado de confidencialidad necesario cuando se trabaja con fábricas dependerá de la situación de la industria. La situación es difícil cuando las fábricas compiten por un mercado limitado, como es el caso de las panificadoras en Chile. Mantener la confidencialidad para una fábrica podría representar la eliminación de sus competidores en el mercado. Sin embargo, se debe subrayar que es preferible lograr algún progreso en la industria antes que permanecer estancado.
- Una manera de salvar este escollo podría ser encontrar una solución a un problema común a todas las fábricas, y poner esta solución a disposición de los interesados, junto con los servicios apropiados para llevarla a la práctica. Este enfoque permite a cada una de las fábricas mantener sus procesos y, posiblemente, continuar siendo competitivas, dada la diferencia de sus productos.

Apéndice A — Tablas estadísticas

Tabla A1. Chile: Número de industrias, de acuerdo con el tipo y número de empleados.

Tabla A2. Chile: Número de plantas procesadoras de alimentos de acuerdo al tipo y al número de empleados.

Tabla A3. Chile: Número de personas que trabajan en las industrias alimenticias, de acuerdo con su categoría.

Tabla A4. Chile: Ingresos totales por ventas, contratos o ambos, de las industrias alimenticias pequeñas (5–49 empleados) (en miles de dólares estadounidenses).

Tabla A5. Egipto: Producción de las industrias alimenticias en 1978–79 (en miles de LE).

Tabla A6. Malasia: Establecimiento de procesamiento de alimentos en la región peninsular de Malasia, 1979.

Tabla A7. Malasia: Significación económica y eficiencia relativa de industrias manufactureras pequeñas seleccionadas, 1970.

Tabla A8. Filipinas: Número total de industrias y establecimientos de elaboración de alimentos, de acuerdo al número de empleados, activo fijo y producción total, 1977.

Tabla A9. Tailandia: Número de plantas elaboradoras de alimentos, clasificadas por tipo de alimento.

Tabla A10. Tailandia: Estadísticas típicas de fábricas de fideos transparentes.

Tabla A1. Chile: Número de industrias, de acuerdo con el tipo y número de empleados.

Industria	Industrias caseras 1-4 empleados		Industrias pequeñas 5-49 empleados		Industrias medianas y grandes, más de ≥50 empleados		Total	
	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%
Alimentos, bebidas y tabaco[a]	3 548	30,3	3 149	31,3	323	25,3	7 020	30,5
Textil, ropa y cuero	2 273	19,4	2 129	21,2	271	21,2	4 673	20,3
Madera y sus productos, incluso muebles	2 109	18,0	1 571	15,6	128	10,0	3 808	16,5
Papelera, productos de papel, imprenta y publicación	639	5,5	572	5,7	72	5,7	1 283	5,6
Química y productos derivados del petróleo, carbón, caucho y plástico	294	2,5	597	5,9	152	11,9	1 043	4,5
Mineral no metálica, excepto productos del petróleo y carbón	649	5,5	408	4,1	53	4,2	1 110	4,8
Metálica básica	44	0,4	72	0,7	27	2,1	143	0,6
Productos metálicos trabajados y equipos	1 580	13,5	1 362	13,5	238	18,7	3 180	13,8
Otras industrias manufactureras	394	3,4	197	2,0	12	0,9	603	2,6
Operaciones	174	1,5	—	—	—	—	174	0,8
Fabril	11 704	100,0	10 057	100,0	1 276	100,0	23 037	100,0

[a] Los detalles aparecen en la Tabla A2.

Tabla A2. Chile: Número de plantas procesadoras de alimentos de acuerdo al tipo y al número de empleados.

Industria	Industrias caseras 1–4 empleados		Industrias pequeñas 5–49 empleados		Industrias medianas y grandes, más de ≥50 empleados		Total	
	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%
Matanza, preparación y conservación de la carne	344	9,7	232	7,4	41	12,7	617	8,8
Productos lácteos	399	11,2	131	4,2	28	8,7	558	8,0
Enlatado y conservas de frutas y vegetales	56	1,6	99	3,1	24	7,4	179	2,6
Enlatado, conserva y procesamiento de pescado, crustáceos, y similares	6	0,2	47	1,5	38	11,8	91	1,3
Aceites y grasas vegetales y animales	2	0,1	16	0,5	32	9,9	50	0,7
Molinería	391	11,0	151	4,8	22	6,8	564	8,0
Panificadora	1 796	50,6	1 926	61,2	33	10,2	3 755	53,5
Azucarera	1	0,0	1	0,0	6	1,9	8	0,1
Cacao, chocolate y confituras	41	1,2	57	1,8	10	3,1	108	1,5
Productos alimenticios no comprendidos en otras categorías	119	3,3	94	3,0	14	4,3	227	3,2
Piensos animales mezclados	67	1,9	39	1,2	4	1,2	110	1,6
Destilería	6	0,2	40	1,3	9	2,8	55	0,8
Vinícola	316	8,9	287	9,1	35	10,8	638	9,1
Licores malteados y malta	—	—	6	0,2	10	3,1	16	0,2
Bebidas y aguas carbonatadas	3	0,1	19	0,6	15	4,7	37	0,5
Tabaco	1	0,0	4	0,1	2	0,6	7	0,1
Alimentos, bebidas y tabaco	3 548	100,0	3 149	100,0	323	100,0	7 020	100,0

Tabla A3. Chile: Número de personas que trabajan en las industrias alimenticias, de acuerdo con su categoría.

Industria	Empleados		Propietarios y familiares		Total	
	No.	%	No.	%	No.	%
Matanza, preparación y conservación de la carne	7 848	9,2	804	6,8	8 652	8,9
Productos lácteos	6 235	7,3	850	7,1	7 085	7,3
Enlatado y conservas de frutas y vegetales	4 549	5,3	262	2,2	4 811	4,9
Enlatado, conserva y procesamiento de pescado, crustáceos, y similares	9 087	10,6	86	0,7	9 173	9,4
Aceites y grasas vegetales y animales	5 989	7,0	19	0,2	6 008	6,2
Molinería	4 257	5,0	747	6,3	5 004	5,1
Panificadora	24 681	28,9	7 448	62,7	32 129	33,0
Azúcar	1 288	1,5	1	0,0	1 289	1,3
Cacao, chocolate y confituras	2 862	3,3	181	1,5	3 043	3,1
Productos alimenticios no comprendidos en otras categorías	3 440	4,0	322	2,7	3 762	3,9
Piensos animales mezclados	981	1,1	75	0,6	1 056	1,1
Destilería	1 687	2,0	52	0,4	1 739	1,8
Vinícola	6 554	7,7	1 008	8,5	7 562	7,8
Licores malteados y malta	3 017	3,5	7	0,1	3 024	3,1
Bebidas y aguas carbonatadas	2 061	2,4	11	0,1	2 072	2,1
Tabaco	996	1,2	15	0,1	1 011	1,0
Alimentos, bebidas y tabaco	85 532	100,0	11 888	100,0	97 420	100,0

Tabla A4. Chile: Ingresos totales por ventas, contratos o ambos, de las industrias alimenticias pequeñas (5-49 empleados) (en miles de dólares estadounidenses).

Industria	Ingresos de fabricación en planta	Ingresos de ventas de productos comprados	Ingresos de contratos de producción	Ingresos de contratos de reparación e instalación	Ingresos totales
Matanza, preparación y conservación de la carne	63 703	3 852	2 720	201	70 477
Productos lácteos	20 893	1 071	—	67	22 031
Enlatado y conservas de frutas y vegetales	21 158	879	221	—	22 258
Enlatado, conserva y procesamiento de pescado, crustáceos, y similares	19 666	608	25	214	20 513
Aceites y grasas vegetales y animales	20 893	236	20	—	21 150
Molinería	216 439	2 459	210	—	219 109
Panificadora	255 855	20 271	434	9	276 570
Azucarera	369	—	—	—	369
Cacao, chocolate y confituras	5 896	189	—	—	6 085
Productos alimenticios no comprendidos en otras categorías	21 314	2 929	4	33	24 280
Piensos animales mezclados	23 673	1 056	5	—	24 733
Destilería	11 542	242	23	—	11 807
Vinícola	55 861	1 448	335	—	57 644
Licores malteados y malta	2 029	223	206	—	2 458
Bebidas y aguas carbonatadas	8 584	841	—	—	9 425
Tabaco	98	—	—	—	98
Alimentos, bebidas y tabaco	747 974	36 305	4 204	525	789 008

Tabla A5. Egipto: Producción de las industrias alimenticias en 1978–79 (en miles de LE).[a]

Artículo (unidad)	1978		1979	
	Cantidad	Valor	Cantidad	Valor
Azúcar blanco (t)	343 835	38 459	346 522	39 826
Azúcar refinado (t)	285 748	38 369	285 643	34 986
Melazas (t)	274 041	3 949	308 549	6 048
Alcohol (miles de litros)	29 628	7 646	24 204	6 373
Levadura (seca y fresca) (t)	10 932	2 166	11 864	2 372
Vinagre (6,25 L) (1000 L)	9 941	609	10 630	758
Acido acético (glacial) (t)	731	268	1 005	394
Perfumes y cosméticos (valor)	—	27 858	—	34 537
Otros productos del azúcar (valor)	—	14 246	—	9 697
Aceite No. 15 (local e importado) (t)	160190	21 728	167 898	22 379
Aceite No. 3 (t)	10 703	1 154	8 876	894
Margarina (t)	149 915	33 648	158 368	36 577
Jabón de lavar (t)	203 991	24 035	216 741	25 611
Jabón de tocador (t)	26 386	10 892	28 036	12 466
Pienso para ganado (t)	803 405	16 000	981 038	25 919
Pienso para aves de corral (t)	47 117	4 498	31 911	3 397
Tortas de semilla de algodón (t)	429 982	3 256	441 991	3 348
Detergentes sintéticos (t)	22 862	9 519	27 552	11 714
Glicerina (t)	4 018	1 652	12 591	1 757
Aceite de soya (t)	2 604	781	5 452	1 636
Tortas de soya (t)	16 299	3 063	26 755	5 859
Aceite de cáscara de arroz (t)	6 308	200	6 645	200
Tortas de semilla de lino (t)	6 053	443	8 831	805
Tortas de paja de arroz (t)	6 308	200	6 645	200
Tortas de aceite de paja de arroz (t)	544	64	545	66
Aceite de ricino (t)	80	32	85	34
Semillas de lino (valor)	—	161	—	152
Grasas animales (valor)	156	18	166	20
Otros productos de la industria de aceites y jabones (valor)	—	8 364	—	7 146
Cigarrillos (10^6)	27 558	320 007	29 931	400 822
Productos de tabaco (t)	3 219	15 686	3 552	16 894
Tabaco para cigarrillos (t)	1 466	16 849	1 464	16 835
Tabaco con melaza (t)	3 460	13 520	4 017	15 670
Tabaco de mascar (t)	49	596	33	406
Rapé (t)	19	233	20	236
Otros productos de la industria de cigarrillos (valor)	—	11 839	—	8 424
Leche pasterizada (t)	72 856	6 625	69 859	6 346
Yogurt (t)	7 028	1 419	7 870	1 790
Aceite de mantequilla (t)	1 517	1 930	1 539	1 931
Queso blando (t)	147 407	81 464	155 343	86 380
Queso duro (t)	5 003	5 962	5 019	5 783
Queso roquefort (t)	153	202	154	200
Queso fundido (t)	9 991	8 287	9 050	8 102
Helados (t)	2 761	2 391	3 445	2 979
Crema rebajada (t)	844	143	10 309	1 752
Crema (t)	927	927	936	936
Otros productos lácteos (valor)	—	370	—	745

Tabla A5 fin.

Artículo (unidad)	1978		1979	
	Cantidad	Valor	Cantidad	Valor
Jugos, jarabes y frutas en conserva (t)	26 204	14 885	26 017	14 775
Jaleas y mermeladas (t)	10 271	4 942	12 137	5 891
Productos de tomate (t)	5 838	2 798	3 911	1 894
Vegetales, encurtidos y productos cárnicos (t)	4173	3 372	3 126	3 248
Legumbres en conserva (t)	7 999	3 297	4 412	2 135
Pescado enlatado (t)	3 927	3 309	4 683	4 144
Productos congelados (t)	1 788	969	2 447	1 433
Dátiles y pasas (t)	1 941	814	1 511	656
Algas y agar (t)	189	164	234	203
Otros productos de la industria conservera (valor)	—	6 597	—	8 429
Bizcochos y tostadas (valor)	21 094	9 145	21 955	10 058
Tostadas (valor)	1 267	386	1 107	388
Chocolates y cacao (valor)	4 169	9 125	4 577	11 063
Arrope	1 790	1 001	1 957	1 211
Pasteles de ajonjolí (Halwa Tehinia) (valor)	37 650	18 799	31 951	21 450
Krammels (valor)	2 782	1 666	2 868	1 843
Dulces secos (t)	21 357	12 814	22 653	15 885
Jalea (t)	421	336	421	336
Productos de panificadora (valor)	—	6 800	—	8 500
Sal (bolas) (t)	—	—	369	39
Otros productos de la industria de confituras y chocolates (valor)	—	6 202	—	7 235
Aguas aireadas (recipientes de 1000 L)	57 916	33 890	59 352	58 671
Otros productos de la industria de aguas aireadas (valor)	—	2 760	—	2 092
Arroz blanco (t)	650 000	32 500	650 000	32 500
Cerveza (1000 hL)	423	16 496	359	13 353
Material para pienso animal (t)	25 528	866	23 817	834
Otros productos de la industria cervecera (valor)	—	223	—	—
Concentrados aromáticos (t)	341	4 137	396	3 821
Aceites aromáticos naturales (t)	21	1 336	14	1 202
Otros productos de la industria de aceites aromáticos (valor)	—	7	—	38
Glucosa (t)	36 575	6 497	34 931	7 136
Almidón (t)	17 579	3 246	17 811	4 763
Macarrones (t)	96 961	8 726	99 618	8 966
Aceite de maíz sin refinar (t)	954	190	1 156	231
Otros productos de industria de glucosa y almidón (valor)	—	242	—	222
Hielo (t)	142 650	758	156 188	900
Bebidas alcohólicas (1000 L)	621	745	636	851
Melazas comestibles (t)	74 000	7 400	74 000	7 520
Polvo de hornear (t)	168	118	171	130

[a] LE82 = $1,00 estadounidense.

Tabla A6. Malasia: Establecimiento de procesamiento de alimentos en la región peninsular de Malasia, 1979.

Tipo de actividad fabril	No. de establecimientos	Valor de la producción (en miles de dólares malasios)[a]	Costo de las materias primas (en miles de dólares malasios)	No. de trabajadores	Salarios y jornales (en miles de dólares malasios)	Activo fijo (en miles de dólares malasios)
Carne (procesamiento/conserva)	7	23 408	12 743	454	1 705	9 500
Helados	12	26 203	1 509	707	3 201	19 687
Otros productos lácteos	7	396 969	325 001	1 534	12 488	60 817
Enlatado de piñas	4	67 459	48 581	2 173	7 387	17 484
Otros enlatados y conservas de frutas y verduras	70	73 935	52 037	2 384	6 677	19 177
Enlatado, conserva y procesamiento de pescado, crustáceos, y similares	44	224 356	173 149	6 377	12 688	35 762
Molino de aceite de coco	69	169 607	154 878	946	2 544	14 732
Molino de aceite de palma	97	3 287 806	2 646 000	11 260	51 749	579 894
Molienda de aceite de corazón de palma	33	419 077	363 425	1 296	6 489	25 347
Otros aceites y grasas vegetales y animales	11	272 120	230 226	1 137	10 185	38 379
Grandes molinos arroceros	117	361 470	323 749	3 266	11 140	70 290
Molinos harineros	4	258 170	217 829	890	7 085	46 280
Fábricas de sago y tapioca	25	37 069	29 344	811	2 519	10 004
Molienda de otros granos	5	8 033	4 633	133	481	1 951
Bizcochos	40	91 783	68 714	3 670	10 490	24 398
Panaderías	126	46 150	34 584	2 215	5 002	10 037
Azucareras	5	442 683	348 210	1 801	12 951	80 846
Fabricación de cacao, chocolate y confituras	27	134 372	93 200	2 897	9 009	46 658
Tostaderos de café	50	33 099	26 742	863	1 959	3 517
Meehoon, fideos y productos conexos	49	68 874	51 922	2 371	5 545	17 856
Especies y curry en polvo	20	12 481	9 354	428	1 039	1 377
Otros productos alimenticios	23	97 740	57 094	1 512	9 682	31 773

[a] M$2,3 = $1,00 estadounidense.

Fuente: Industrial Surveys, Department of Statistics, Malasia.

Tabla A7. Malasia: Significación económica y eficiencia relativa de industrias manufactureras pequeñas seleccionadas, 1970.

Productos manufacturados	No. de establecimientos[a]	Valor añadido (en miles de dólares malasios)	% del total				Proporción de capital-mano de obra[c]	
			Empleo		Valor añadido		SSI (en miles de dólares malasios)	SSI/MLI (%)
			SSI[b]	MLI	SSI	MLI		
Alimentos y bebidas								
Carnes (conserva/procesadas)[h]	7	9,7	22,6	77,4	6,7	93,3	10,1	30
Helado[h]	12	10,8	28,8	71,2	10,2	89,8	9,2	30
Pescados, crustáceos (conserva/procesados)[h]	44	27,3	7,9	92,1	12,5	87,5	9,3	163
Aceite de coco[i]	69	13,9	80,0	17,5	85,3	13,9	10,1	44
Aceite de corazón de palma[i]	97	21,2	61,5	38,5	70,9	29,1	19,8	77
Arroz (grandes molinos)[i]	117	29,4	81,0	17,6	91,6	6,2	16,0	290
Sagú y tapioca[h]	25	7,2	70,9	29,1	67,3	32,7	7,9	44
Bizcochos[h]	40	20,1	18,4	81,6	13,5	86,5	3,1	50
Productos de panificadora[j]	126	7,4	85,2	14,8	78,4	21,6	3,7	76
Cacao, chocolate y confituras[h]	27	24,1	11,3	88,7	3,9	96,1	3,2	18
Meehoon, fideos y productos afines[h]	49	14,0	42,2	57,8	19,4	80,6	4,0	50
Piensos animales (mezclados)[h]	46	39,3	32,9	67,1	21,1	78,9	15,4	69
Alcoholes destilados, rectificados y preparados[i]	11	7,9	46,0	54,0	15,9	84,1	2,7	19
Bebidas y aguas carbonatadas[h]	32	49,5	16,4	83,6	6,8	93,2	10,6	71

Fuente: Departamento de Estadísticas, Banco Mundial, Documento No. 3851-MA.
Nota: M$2,3 = $1,00 estadounidense.
[a] Datos de 1979.
[b] SSI = industrias pequeñas, MLI = industrias medianas y grandes.
[c] Se refiere al valor del activo fijo por empleado.

Tabla A7 fin.

Productos manufacturados	Productividad de la mano de obra[d]		Productividad del capital[e]		Ingresos de los trabajadores[f]		Beneficios brutos del capital[g]	
	SSI (en miles de dólares malasios)	SSI/MLI (%)	SSI (no.)	SSI/MLI (%)	SSI (en miles de dólares malasios)	SSI/MLI (%)	SSI (%)	SSI/MLI (%)
Alimentos y bebidas								
Carnes (conserva/procesadas)[h]	9,3	25	0,9	82	3,2	76	60	61
Helado[h]	6,1	28	6,7	93	2,0	37	45	83
Pescados, crustáceos (conserva/procesados)[h]	10,1	167	1,1	103	2,4	128	83	114
Aceite de coco[i]	13,9	134	1,4	303	2,3	62	115	393
Aceite de corazón de palma[i]	20,0	153	1,0	198	2,7	44	87	321
Arroz (molinos grandes)[i]	12,6	321	0,8	110	3,0	126	60	213
Sagú y tapioca[h]	6,4	84	0,8	192	2,6	103	47	170
Bizcochos[h]	4,0	69	1,3	138	1,7	64	75	146
Productos de panificadora[j]	3,3	63	0,9	83	1,8	85	42	83
Cacao, chocolate y confites[h]	4,3	32	1,3	177	1,9	61	75	128
Meehoon, fideos y productos afines[h]	3,6	33	0,9	67	1,9	75	41	41
Piensos animales (preparados)[h]	12,4	55	0,8	80	3,3	69	59	74
Alcoholes destilados, rectificados y mezclados[i]	10,5	22	4,0	120	2,2	59	311	103
Bebidas y aguas carbonatadas[h]	6,9	37	0,7	52	2,2	54	44	46

[d] Valor anual añadido por empleado.
[e] Valor anual añadido por el valor del activo fijo.
[f] Salarios y jornales anuales por empleado.
[g] Valor añadido o anual menos salarios y jornales, dividido por el valor del activo fijo en diciembre de 1978.
[h] Establecimiento que da empleo a 10–49 personas.
[i] Se refiere a todos los establecimientos.
[j] Incluye establecimientos que dan empleo a 5–9 personas.

Tabla A8. Filipinas: Número total de industrias y establecimientos de elaboración de alimentos, de acuerdo al número de empleados, activo fijo y producción total, 1977.

Industria manufacturera y no. de empleados	No. de establecimientos		Producción total		Activo fijo	
	No.	%	Miles de P	%	Cantidad	%
Tipo de industria y el no. de empleados						
1–4 (industrias domésticas)	59 435	75,5	490 716	0,7	701 080	3,0
5–19 (pequeñas)	15 729	20,0	529 120	0,8	687 806	3,0
20–99 (pequeñas)	2 356	3,0	6 266 333	9,3	1 933 193	8,4
100–199 (medianas)	466	0,6	5 298 600	7,9	1 568 640	6,8
≥200 (grandes)	697	0,9	54 671 663	81,3	18 165 005	78,8
Total	78 683	100,0	67 256 432	100,0	23 055 724	100,0
Industrias de elaboracion de alimentos						
1–4 (industrias domésticas)	22 132	28,1	170 123	0,3	467 277	2,0
5–19 (pequeñas)	5 271	6,7	110 694	0,2	243 777	1,1
20–99 (pequeñas)	411	0,5	1 706 079	2,5	487 078	2,1
100–199 (medianas)	63	0,1	2 266 638	3,4	327 084	1,4
≥200 (grandes)	121	0,2	13 565 122	20,1	4 049 412	17,6
Total	27 998	35,6	17 818 656	26,6	5 574 628	24,2

Fuente: Censo Nacional y Oficina de Estadísticas, EDP 1982.
Nota: P10 = $1 estadounidense.

Tabla A9. Tailandia: Número de plantas elaboradoras de alimentos, clasificadas por tipo de alimento.

Tipo de producto	No. de plantas
Alimento	
Productos de panificadora	126
Bizcochos	37
Café tostado	79
Pastillas y otras confituras	5
Productos lácteos (leche y productos derivados de la leche)	16
Mantequilla	7
Helados	118
Productos cárnicos enlatados	44
Productos cárnicos	9
Molienda	38
Bolitas y hojuelas de tapioca	849
Molienda de tapioca	306
Frutas y verduras enlatadas	38
Frutas y verduras en conserva	33
Especias molidas	78
Bebidas carbonatadas	41
Aceites y grasas vegetales y animales	213
Vinagre	6
Molienda de arroz	27 231
Almidón	155
Fideos transparentes de frijol mungo	23
Harina	81
Pienso animal	19
Mariscos congelados	24
Mariscos enlatados	17
Pescados y productos conexos	
Pescado salado	141
Salsa de pescado	122
Harina de pescado	72
Camarones deshidratados	72
Pasta de camarones	53
Pescado cocido al vapor	46
Otras salsas de pescado	38
Mariscos congelados	25
Pulpo deshidratado	8
Pescado ahumado	6
Mariscos enlatados	17
Hielo triturado	3

Fuente: La información sobre plantas elaboradoras de alimentos se obtuvo del Departamento de Economía Agrícola de la Facultad de Economía y Administración, de la Universidad Kasetsart, Tailandia, 1975, y del "Directorio Industrial (1979–80)," Departamento de Economía Industrial, Ministerio de Industria, Tailandia. La información sobre plantas de elaboración de pescado y productos afines se obtuvo del Ministerio de Pesca, 1974.

Tabla A10. Tailandia: Estadísticas típicas de fábricas de fideos transparentes.

Región	No. de fábricas	Capacidad productiva (t/año)	No. de trabajadores	Inversión de capital (en miles de baht)[a]
Central				
Bangkok	2	86–195	22–350	100–2 400
Saraburi	6	12–43	3–49	10–600
Nakorn Pathom	3	30–50	11–80	1 100–1 500
Kamchanaburi	1	n.a.[b]	10	50
Patum thani	2	12–300	10–80	1 690–35 000
Chachcengsao	1	105	25	3 500
Samutsakorn	1	n.a.	n.a.	n.a.
Norte				
Nakornsawan	2	36–218	hasta 21	308–850
Kumpangpetch	1	n.a.	13	1 360
Sawankalok	1	12	n.a.	186
Lampang	2	80–86	hasta 50	250–2 200
Chiengmai	1	50	n.a.	n.a.
Total	23	12–300	3–350	10–3 500

[a] 20 baht = $1 estadounidense.
[b] n.a. = no aplicable.
Nota: Capacidad de producción total = 1 100 t/año, exportaciones = 180 t/año y consumo local = 920 t/año.

Apéndice B

Lista de preguntas para utilizar durante las visitas a las fábricas

Estas 51 preguntas ilustran la amplia gama de información que es necesario acopiar para comprender los negocios en pequeña escala. No es necesario formular todas estas preguntas en todas las situaciones debiendo seleccionarse las que resulten más apropiadas para cada caso específico. Se debe señalar que algunas de estas preguntas (p.ej., pregunta 6), no se le hacen al entrevistado, sino que la información correspondiente se obtiene mediante observación.

General

1. ¿Tiene usted alguna pregunta?
2. ¿Necesita usted ayuda?
3. ¿Cuáles son los gastos generales?
4. ¿Existe un sistema para asignar los gastos generales?
5. ¿Qué planes tiene la compañía para el futuro?

Producción

6. ¿El área de producción está limpia, higiénica, y no presenta riesgos?
7. ¿Existe un sistema para el suministro regular de información sobre los costos de producción?
8. ¿Cuál es la utilización promedio del equipo de producción?
9. ¿Cuál es el proceso de producción?

Equipo

10. ¿Hay necesidad de nuevos equipos o de mecanización?
11. ¿Existe un sistema reconocido para el mantenimiento de la maquinaria?
12. ¿Existen problemas con las fuentes de energía o de agua?
13. ¿Está disponible un agente apropiado para suministrar piezas de repuesto para los equipos importados?
14. ¿A cuánto se elevan los gastos de mantenimiento típicos anuales?
15. ¿Cuántos años tiene el equipo existente?
16. ¿Cuál es el período de depreciación para los equipos más importantes?
17. ¿Existe un inventario de piezas de repuesto?

18. ¿Se lleva a cabo regularmente verificaciones de los inventarios de piezas de repuesto?

Planificación y control de la producción

19. ¿Son las instalaciones y la capacidad de producción apropiadas para los requisitos planificados o para cualquiera expansión futura?
20. ¿Se tiene acceso a servicios alternos proporcionados fuera de la empresa, o se hace uso de estos servicios?
21. ¿Con qué frecuencia se encuentra parada la fábrica, y a qué se debe esto?
22. ¿Se reciben las materias primas y los envases a tiempo para evitar demoras de la producción?
23. ¿Con qué frecuencia se hacen las órdenes de materia prima?
24. ¿Cuál es la capacidad de almacenamiento de materias primas?
25. ¿Es posible determinar la disponibilidad de materias primas para los fines de la planificación?

Compra

26. ¿Qué materias primas son necesarias para la producción?
27. ¿Están siempre disponibles las materias primas?
28. ¿Varían significativamente los precios de las materias primas?
29. ¿Cuántos posibles proveedores hay?
30. ¿Se analiza con regularidad los precios de otros posibles proveedores?
31. ¿Exigen los proveedores pago en efectivo de los pedidos, o conceden crédito?
32. ¿Existe algún tipo de colaboración entre los proveedores y la fábrica?
33. ¿Hay alternativas para las materias primas?

Control de la calidad

34. ¿Se analiza la calidad de las materias primas?
35. ¿Se llevan a cabo verificaciones durante el procesamiento?
36. ¿Se verifica la calidad del producto terminado?

Comercialización y distribución

37. ¿Qué salidas tienen los productos?
38. ¿Existiría demanda para la producción adicional si se aumentara la capacidad?
39. ¿Qué precios podrían obtener los productos?
40. ¿Paga la compañía los gastos de distribución?
41. ¿Se llevan registros de quejas de los clientes?
42. ¿Se toman algunas medidas acerca de las quejas de los clientes?
43. ¿Son algunos clientes más importantes que otros?
44. ¿Se utiliza transporte de otras fuentes?
45. ¿Cuál es el costo de! transporte?

Personal

46. ¿Cuáles son las diferentes categorías de mano de obra especializada y semiespecializada?
47. ¿Se dispone fácilmente de mano de obra calificada y semiespecializada?
48. ¿Cuántos supervisores de fábrica están presentes en un momento dado?
49. ¿Existe algún tipo de oportunidad para el mejoramiento de las habilidades adquiridas?
50. ¿Cuáles son los jornales de las diferentes categorías de obreros?
51. ¿Existen otros costos relacionados con los empleados?

Formularios de recogida de datos tailandeses

Fecha:		HOJA DE REGISTRO DEL ESTUDIO LABORAL				No:
Cliente:					Por:	
Descripción	Símbolo de ruta	Tiempo	Capacidad/ índice de flujo	Frecuencia	Muestra	Observaciones
Fumigación SO_2	○⇨□D▽	15 hrs		1		
Transporte	○⇨□D▽	-		1		
Mezclado/amasadura	○⇨□D▽	19–23 min	100 kg/lote	1		1 taza = 1 lote = 90 kg
Transporte	○⇨□D▽	-		1		
Mezclado manual	○⇨□D▽	38–44 min	100 kg/lote	1		
Transporte	○⇨□D▽	-		-		
Extracción	○⇨□D▽	32–36 min	100 kg/lote	1		1,5–2 min/balde 1 balde = 4–5 kg
Transporte	○⇨□D▽	-		-		
Congelación	○⇨□D▽	17 hrs	360 kg/lote	1		
Transporte	○⇨□D▽	-		1		
Descongelación a temperatura ambiente	○⇨□D▽	2 hrs		1		
Lavado de los fideos	○⇨□D▽	-		-		
Inmersión en solución S	○⇨□D▽	-		-		
Transporte	○⇨□D▽	-		-		
Secado al sol	○⇨□D▽	4 hrs		1		
Transporte	○⇨□D▽	-		-		
Fumigación con SO_2	○⇨□D▽	1 hr		1		
Transporte	○⇨□D▽	-		-		
Secado al sol	○⇨□D▽	3 hrs		1		
Transporte	○⇨□D▽	-		-		
Envase	○⇨□D▽	-		1		

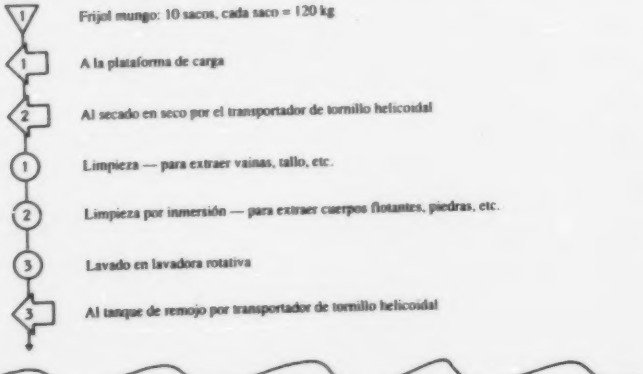
HOJA DE ESTUDIO DE PROCESOS

Cliente	Contacto	
Dirección		Teléfono
Tipo	Por	Fecha

PARTE I — GENERAL

1. Condición				
1.1 Capacidad de producción en planta				
Limitación				
1.2 Area de construcción			Area total	
L	A	H	Volumen total	
1.3 Estructura administrativa				
1.4 Personal			Total	
Hombres	Mujeres		Personal	
1.5 Condición atmosférica				
Promedio de lluvias	Máx.	Temperatura ambiente promedio °C	Máx. °C	
	Mín.		Mín. °C	
% H.R. promedio	Máx.	Temperatura de termómetro húmedo promedio °C		
	Mín.			
2. Edificio				
Estructura		Paredes		
Techo		Piso		
Ventana		Puerta		
Divisiones				
Pasillo				
Drenaje				
Ubicación				
Condiciones exteriores				

PARTE II — DISTRIBUCIÓN DE LA PLANTA/DIAGRAMA DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN



PARTE III — MATERIAS PRIMAS/PRODUCTOS

1. Materias primas 1.1 Fuente			
Comprado de			
Costo			
Calidad			
Envasado			
Capacidad de almacenamiento			
% de impurezas 1. 2.			
Entregado por:			

1.2 Composición química

% de agua		
% de almidón		
% de proteína		
% de fibra		
Otros		

1.3 Físicos

Factor de absorción			
Tamaño	Diámetro		
	Longitud		
Variedad			

2. Productos

Tipo	Calidad	Relación de mezcla	Cantidad	Peso neto	Envase	Precio
1.						
2.						
3.						
4.						
5.						
6.						

Tiempo en almacén Días	Capacidad
Tipo de almacenamiento	Despachado por:

2.1 Subproductos

Tipo	Cantidad por día/lote	Precio	Destino	Descripción
1.				
2.				
3.				
4.				

2.2 Eliminación de desperdicios

Tipo	Cantidad	Observaciones
1.		
2.		
3.		
4.		

PARTE IV — SERVICIOS

1. Electricidad

Fuente municipal	V	Fase (F)	Tipo	Consumo total
	A	Hertzios (Hz)	Costo unitario	
Interrupción de la corriente eléctrica	Duración		Causa	
	Frecuencia (veces por mes o año)			
Alambrado/peligro				
Generador eléctrico	kVA	V	F	Tipo
	No.	A	Hz	Consumo de energía
Alumbrado de emergencia	Vatios	V	Batería	Tipo
	No.	A		

2. Vapor

2.1 Caldera		Capacidad (libras/hora)		Condensado
Presión máxima (PSIG)		Minutos presión necesaria para restablecimiento (PSIG)		Distribución
Temperatura °C		Dimensión		Consumo de combustible
Tipo y marca				Consumo eléctrico
2.2 Características del vapor				Costo/unidad
Presión (PSIG)	Máx.	Normal	Mín.	
Temperatura (°C)				
Humedad (%)				
Valor (baht/millones de BTU [Unidad Térmica Británica])				
Fugas				
Causa				

3. Agua

3.1 Agua de alimentación de la caldera	PSIG	°C	Valor (baht/metro cúbico)
Tratamiento			Consumo total
Análisis			Observaciones

3.2 Fuente de agua

Tipo	Ciudad	Río	Subterráneo
Lugar			
Medida del caudal			
Presión PSIG			
Temperatura °C			
Espec. tipo de bomba			
Costo de operaciones (baht)			

3.3 Análisis del agua

– Catione Ca Mg Na			
– Aniones Bicarbonato Carbonato Hidróxido Cl SO_4			
– Dureza total			
– Alcalinidad			
– Fe – Silicatos – Materia orgánica			
– pH			
– Turbidez			

4. Petróleo para calderas	Cantidad en almacén	Costo/unidad
Fuente		
Consumo	Velocidad de flujo (CFM)	Presión (PSIG)
Valor calórico (BTU/hr)		BTU/volumen unitario
Composición		

5. Gas combustible	Cantidad en almacén	Costo/unidad
Fuente		
Consumo	Velocidad de flujo (SCFM)	Presión en ebullición (PSIG)
Valor calórico (BTU/hr)		BTU/volumen unitario
Composición		

6. Suministro de aire comprimido

Suministrado por:			
Presión del sistema (PSIG)	Presión de la línea	Filtro de aceite/impurezas	Humedad

7. Refrigeración

7.1 Unidades de refrigeración

	No.			
Unidad de condensación	1.	2.	3.	4.
Tipo de motor (HP)				
Potencia de régimen (BTU/hr)				
Tipo de evaporador				
Potencia de régimen (BTU/hr)				
Calentador (kW)				
Motores (HP)				

7.2 Cámaras frigoríficas

Aislamiento	Pared	Techo	Piso	Estructura de construcción
Material				
Espesor				

Temperatura del producto situado en la cámara — Número de veces (puerta abierta)

Temperatura del producto cuando se extrae de la cámara

Dimensiones		Largo	Ancho	Alto	Capacidad de carga (kg)	Temperatura de la cámara (°C)	Temperatura medida (°C)
Cámara	1.						
	2.						
	3.						
	4.						

Carga calórica No. de lámparas			Total
No. de motores			Total
No. de equipo			Total

Disposición de las cámaras (plano)

PARTE V — ANÁLISIS DE PRODUCCIÓN

1. Proceso (balance de materiales)

Fecha						Nota
R.M.	Material introducido (kg)					
Remojo	Agua: frijoles					
	Tiempo/temperatura					
Molturación	Material introducido (kg/hr)					
	Agua: frijol					
	Tamaño del cedazo					
	Tiempo					
Separación	Material introducido (kg/hr)					
	No. de centrifugadoras					
	Tamaños de cedazo					
	Material sacado (kg/hr)					
	Tiempo					
	Otros medios					

	Tiempo					
	Residuos frescos 1					
	Residuos frescos 2					
	Residuos deshidratados					
	Recuperación de residuos (%)					
Artesa	Material introd. (velocidad flujo)					
	Material sacado (suero)					
	Tiempo					
	Almidón 1					
	Almidón 2					
Sedimento	Material introducido					
	Cantidad de agua					
	No. de depósitos					
	No. de lavadas					
	Tiempo					
Deshidratación	Material introducido					
	Material sacado					
	Tiempo					
	Velocidad de la máquina (CRPM)					
	Otros medios					
	Tamaño del cedazo					
	Recuperación ST-1 (%)					
	Recuperación ST-2 (%)					
Fumigación al azufre	Cantidad de SO_2					
	Tiempo					

Fecha						
Gel	Cantidad de almidón material					
	Agua caliente					
	Tiempo, temperatura					
	No. de lotes					
Mezclado amasadura	Almidón material: otros almidones					
	Agua					
	Tiempo de mezclado					
	Temperatura					
Extracción	Material introducido/lote					
	No. de unidades					
	Temperatura de S.W.					
	Temperatura de C.W.					
	Tiempo					
Refrigeración	Material introducido/cámara					
	Temperatura					
	Tiempo					
	H.R. (%)					

Descoloración	Cantidad de SO_2						
	Material introducido/lote						
	Agua						
	SO_2 (%)						
	pH						
Material sacado	Secado al sol						
	Material introducido						
	Límites de temperatura						
	Tiempo						
Productos de almidón de alta calidad							
Secado	Cantidad de almidón introducido						
	Tiempo de secado						
	Cantidad de almidón sacado						
	% de recuperación						

2. Registro de salida del producto

Marcas de productos	Tipo									
	Regular	%	Corto	%	Masa	%	Suelto	%	Migas	%

HOJA DE DATOS DE LOS EQUIPOS

M/C y descripción de cuenta	Utilización	Capacidad	Especificación	Costo	Observaciones

BALANCE TOTAL
HOJA DE REGISTRO DEL ANALISIS

Paso del proceso		Ciclo no.					Observaciones
		1	2	3	4	5	
A Frijoles	Proteína (%)						
	Almidón (%)						
	Humidad (C.H., %)						
	Impurezas (%)						
B Frijoles remojados	Proteína (%)						
	Almidón (%)						
	C.H. (%)						
	Tasa de expansión						
C Agua	pH						
	Temperatura (°C)						
	Apariencia						
D Agua de remojo extraída	pH						
	Almidón (%)						
	C.H. (%)						
E Suspensión acuosa del almidón en polvo	Densidad						
	Viscosidad						
	pH						
F Residuos gruesos	Proteína (%)						
	Almidón (%)						
	C.H. (%)						
G Residuos finos	Almidón (%)						
	C.H. (%)						
H Suspensión acuosa de almidón	Proteína (%)						
	Almidón (%)						
	C.H. (%)						
	pH						
	Viscosidad						
	Densidad						
I Almidón húmedo en la parte superior de la artesa	Almidón (%)						
	C.H. (%)						
J Almidón húmedo en la parte inferior de la artesa	Almidón (%)						
	C.H. (%)						
K Efluvio (suero)	Proteína (%)						
	Almidón (%)						
	C.H. (%)						
	pH						
L(M) Almidón de la parte superior/inferior con un 35% de humedad	Proteína (%)						
	Almidón (%)						
	C.H. (%)						
	pH						
	Viscosidad						
	Tamaño de los gránulos						

Paso del proceso		Ciclo no					Observaciones
		1	2	3	4	5	
L(M) Almidón con 35% de humedad, después de fumigación con SO_2, de la parte superior/inferior	Proteína (%)						
	Almidón (%)						
	C.H. (%)						
	pH						
	Viscosidad						
	Tamaño de los gránulos						
	Fibra (%)						
	Contenido de SO_2 (ppm)						
Consistencia de la masa	Consistencia de la masa						
Solución de SO_2	Contenido de SO_2 (ppm)						
	pH						
Fideos lavados	Contenido de SO_2						
Fideos fumigados	Contenido de SO_2						
Fideos deshidratados	Proteína (%)						
	Almidón (%)						
	C.H. (%)						
	SO_2						
	Dureza						
	Prueba del panel después de cocinado						

Método de elaboración de un diagrama del proceso de producción

Símbolos del diagrama de proceso de producción

El diagrama de producción es una representación gráfica de las actividades de un proceso que utiliza símbolos para representar actividades normales. El diseño de estos símbolos tiene como objetivos que éstos sean fácilmente distinguibles y permitan representar una actividad cuya descripción requeriría muchas palabras. En la elaboración de un diagrama del proceso de producción se emplean los cinco símbolos normalizados siguientes:

Símbolo	Actividad	Resultado predominante
	Operación	Producción, realización, modificación, progreso del proceso, etc.
	Inspección	Verificación de la cantidad o la calidad o ambas
	Transporte	Traslado o transporte
	Demora	Interferencia o retraso
	Almacenamiento	Guardar, mantener o retener

En todo proceso, las dos actividades principales son "Operaciones" e "Inspecciones". Los otros tres símbolos representan actividades no productivas que pueden ocurrir en operaciones e inspecciones o entre ambas.

- Se habla de "Operación" cuando se modifica alguna de las propiedades o características físicas o químicas de un objeto o material, o se prepara para otra actividad, o se elimina una vez terminada ésta. Ejemplos típicos de actividades que se pueden describir por el símbolo de operación incluyen: alteración de la forma, tamaño o condición de un objeto; un paso del proceso; y disposición, montado y desmontado de partes.

- Se entiende por "Inspección" la verificación de las propiedades o características de un objeto. Las características cuantitativas se pueden verificar midiendo, contando o pesando; para la verificación de características cuantitativas se puede hacer la comprobación de normas y calidad.

Es importante reconocer aquellas actividades que tienen alguna semejanza con la inspección pero que, en realidad, son operaciones. Cuando ocurre una inspección, se verifica la condición del material con respecto a una norma; y si no la cumple, a esta verificación sigue el rechazo o alguna forma de reprocesamiento.

- Se entiende por "Transporte" el desplazamiento del área inmediata de la actividad precedente. El transporte se puede hacer por medios diferentes, humanos o mecánicos. Como ejemplos típicos podemos mencionar: material

transportado por montacargas, camión, carretilla o manualmente; material desplazado por tubería; y personalmente.

- "Demoras" ocurren cuando las condiciones no permiten llevar a cabo inmediatamente la actividad siguiente. Este símbolo se utiliza para representar los diferentes retrasos e interrupciones que ocurren en el curso normal de las actividades. Ejemplos típicos son: material detenido durante el proceso, carta pendiente de firma o persona esperando.
- Se habla de "Almacenamiento" cuando se guarda la mercancía, a propósito, en una área específica. Ejemplos típicos incluyen: la etapa de guarda en los diferentes procesos, materias de reserva dentro de un proceso y mercancías en almacén en espera de su envío.

Los cinco símbolos pueden emplearse para presentar una gama de actividades muy amplia. En algunos casos, un cambio de énfasis mostrará ciertas actividades a una luz totalmente diferente, tal como ocurre, por ejemplo, cuando el registro del trabajo de transporte como tal implica la transferencia de mercancías de un punto a otro, no como transporte, sino como una operación.

Usos en diagramas de proceso de producción

Los símbolos para los diagramas del proceso se colocan verticalmente en orden, uno debajo del otro, unidos entre sí por un trazo vertical. A la derecha de cada símbolo se describe sucintamente la actividad. Los símbolos se numeran para facilitar la referencia y comparación. Los símbolos similares se numeran en serie desde el comienzo del diagrama (Fig. B1, A).

Los diagramas del proceso son un medio para obtener un fin — una ayuda visual a la comprensión y el análisis, pudiendo ser adaptados de acuerdo con las necesidades. Sin embargo, es conveniente obtener cierto grado de uniformidad reconocible, por lo que, en general, se siguen los siguientes usos:

- Combinación de símbolos — La ocurrencia simultánea de dos actividades diferentes se indica con símbolos combinados. Un símbolo se superpone al otro. Cuando se pueda distinguir la importancia relativa de ambos, el símbolo exterior representa la actividad principal.

Esta combinación indica la ocurrencia simultánea de una operación secundaria y una inspección más importante. Se coloca primero el número del símbolo externo (el más importante), separado por un guión del número del otro símbolo.

- Introducción de materiales — Cuando se trata de varios materiales o subconjuntos, el diagrama puede contener más de una línea vertical de símbolos. En todos los casos, la línea principal del proceso se traza a la derecha de todas las demás líneas, indicándose a la izquierda la introducción de materiales y piezas. La introducción se indica mediante una línea horizontal, acompañada de una breve descripción del material. El orden de numeración comienza también por el margen derecho, siguiendo luego en orden hacia la izquierda (Fig. B1, B).
- Rechazos y reproceso — Durante el proceso, se pueden descartar materiales y componentes, sea para destruirlos, para volverlos a procesar o porque pasan a otro proceso que no se muestra en la gráfica. La salida de materiales se

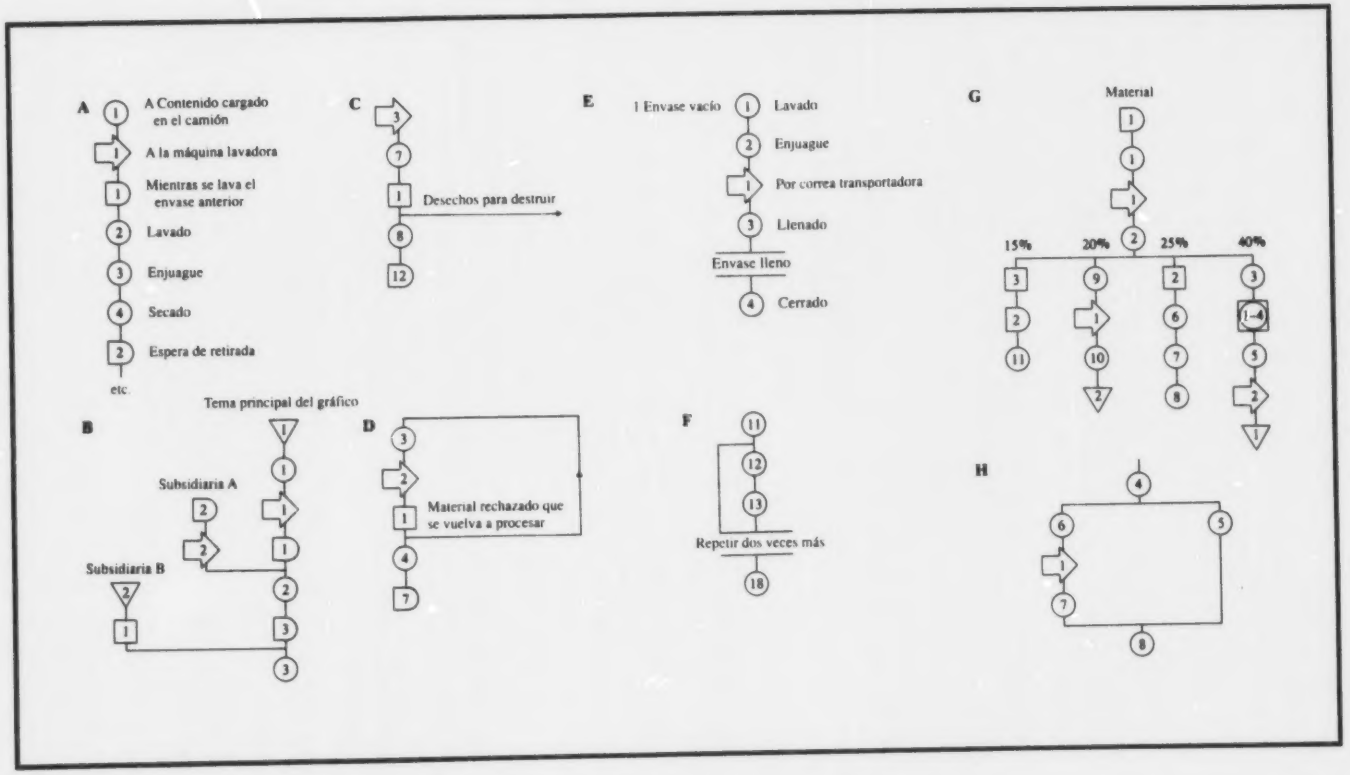


Fig. B1. Usos para la elaboración de gráficos de proceso.

indica a la derecha de la línea de la que se eliminan (Fig. B1, C). En caso de que el material regrese a una etapa anterior del proceso para recibir un tratamiento ulterior, la transferencia se puede indicar mediante una línea de unión con la fase anterior (Fig. B1, D).

- Cambio de estado — Cuando el material mostrado en el gráfico sufre una alteración significativa como resultado de una operación, de manera que a partir de esa etapa se modifican sus propiedades de manipulación, se indica en el gráfico identificando la condición inicial, por ejemplo, contenedor vacío, y la etapa en que ocurre el cambio, por ejemplo contenedor lleno, interrumpiéndose la línea del gráfico e insertando el cambio encerrado dentro de dos líneas paralelas. Como es probable que al término de cada operación principal ocurra un cambio de estado, este uso de aplica solamente cuando se estima aconsejable llamar la atención sobre el cambio (Fig. B1, E).

- Repetición — Puede ocurrir que una o más actividades se repitan varias veces antes de que continúe el proceso. En este caso se interrumpe también la línea de gráfico en el punto correpondiente, mediante dos líneas paralelas. La línea superior se une a un corchete en que quedan encerradas las actividades que se repiten (Fig. B1, F).

Este uso se debe aplicar solamente a aquellas secuencias que sean realmente repetitivas. A veces, la primera y última repetición difieren ligeramente de las demás. De ser así, las mismas se reflejarán en la gráfica en la manera normal, aplicándose este uso solamente bajo repeticiones idénticas. Debe prestarse suma atención a indicar el número correcto de repeticiones, con el fin de preservar la adecuada continuidad de la numeración.

- Rutas alternas — En ciertas etapas, un proceso puede bifurcarse a lo largo de rutas alternas. Por ejemplo, como resultado de una operación, el material puede dividirse en varias porciones, cada una de las cuales se trata por separado. En ese caso, el elemento principal del gráfico se divide en un número apropiado de ramas, indicando el flujo principal en el lado derecho. A la izquierda se dibujan sucesivamente otras línea de flujo, en orden de importancia (Fig. B1, G).

En caso de que los materiales puedan continuar a la largo de rutas alternas durante cierto tiempo antes de que su curso vuelva a coincidir, el gráfico se puede dividir en dos o más lineas. Este uso se puede emplear también para registrar actividades de diferentes partes del mismo material, cuando éstas están subdivididas (Fig. B1, H).

- Incorporación de datos adicionales — Puede añadirse al gráfico todo tipo de información cuantitativa. Cuando se conoce la duración o el costo de los procesos, el tiempo de espera, etc., por ejemplo, éstos se indican, a veces, a lo largo del gráfico, a la izquierda del símbolo apropiado. También pueden indicarse las distancias a la izquierda del símbolo de transporte apropiado.

Gráficos de barra

Para convertir en gráfico de barras el gráfico del proceso de producción que aparece en la Fig. B2, debe transferirse el lapso de tiempo indicado para cada operación a una escala de tiempo, registrándolos en forma secuencial, como se

indica en la Fig. B2. En este ejemplo se parte del supuesto de que una vez que comienza un lote, éste debe pasar sin demora por las cuatro operaciones (Fig. B3).

Como es de esperar, los "atascos" se producen durante la operación de envasado y embarque. Esta operación determina que el ciclo de producción tenga una duración de 8 horas. Si se sugiere una mejora del proceso que reduzca a 6 horas el tiempo de esta operación, esto se refleja en el gráfico tal como se indica en la Fig. B4. Este gráfico demuestra que no se han logrado todos los beneficios que cabría esperar de la reducción del tiempo de operación en 2 horas. Los "atascos" se producen ahora en la operación de procesamiento y cocción en la máquina envasadora, ahora parada 1 hora en cada ciclo de 7 horas. Es importante que se comprenda que cada operación no puede analizarse aisladamente, sobre todo cuando se trata de evaluar el índice de costos y beneficios de cualquier mejora propuesta.

Estudio de muestreo cronométrico

El muestreo cronométrico es una técnica sencilla, fácil de aprender y aplicar, basada en principios matemáticos bien establecidos, que muestra la utilización del tiempo de trabajo para así determinar las posibilidades de mejoras. Para alcanzar la máxima eficacia, toda técnica de estudio del trabajo debe ser planificada cuidadosamente. Es imprescindible planificar cuidadosamente, no sólo las etapas preliminares y de seguimiento, sino también el estudio principal. Para el establecimiento del orden a seguir resulta útil aplicar las siguientes reglas prácticas:

- El primer paso es seleccionar el trabajo que debe estudiarse. De ser éste el primer estudio, no debe resultar difícil decidir los principales factores de costes en la operación (producción, almacenamiento, administración, etc.).
- Una vez hecho esto y seleccionada un área de estudio, deberá precisarse el "propósito" del estudio (es decir, la razón para llevarlo a cabo). A continuación, debe definirse claramente el "alcance" o "el ámbito" del estudio (es decir, los límites del mismo). Cerciórese de que la administración

Fig. B2. Ejemplo de diagrama de proceso de producción antes de convertirlo en gráfico de barras.

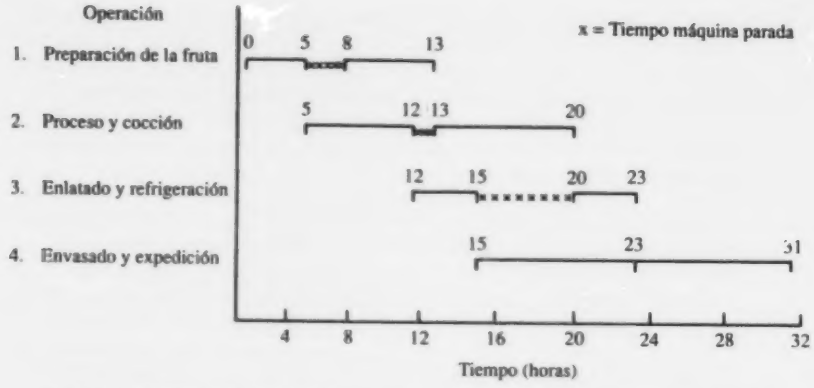


Fig. B3. Gráfico de barras que muestra el atasco en el "envasado y expedición".

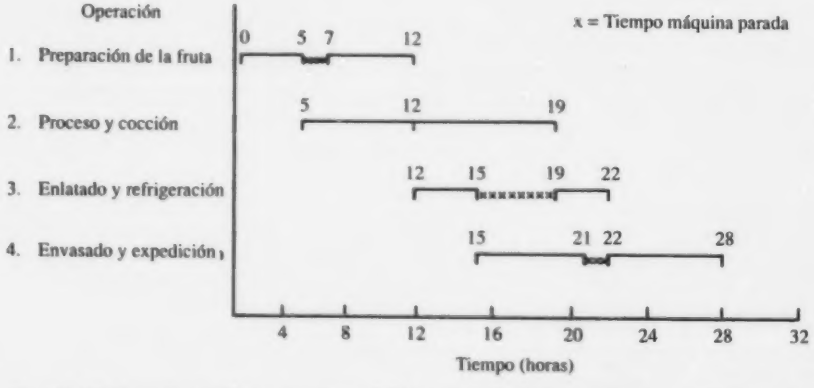


Fig. B4. Mejoramiento del proceso introducido en la etapa de "envasado y expedición".

está de acuerdo con los objetivos definidos en el propósito y la gama de actividades indicadas en el "alcance". La definición del estudio debe hacerse inicialmente para evitar malentendidos sobre la naturaleza y amplitud del trabajo previsto.

- A continuación, deberán determinarse los elementos del trabajo de actividad diaria donde se va a realizar el estudio del muestreo cronométrico. Las necesidades del estudio podrían ser tales que solamente el porcentaje de tiempo de "trabajo" utilizado y el "ocioso" bastasen para justificar las medidas que se deben tomar. Claramente, ésta es la forma más sencilla de estudio del muestreo cronométrico. Sin embargo, para determinar lo que ocurre cuando se observa "ociosidad", este capítulo debe desglosarse en categorías menores (p.ej., "esperando trabajo", "ausente del lugar de trabajo", "respondiendo al teléfono", etc.). Es necesario que el observador encargado del estudio pueda reconocer fácilmente estas categorías, por lo que las mismas deben ser específicas y bien definidas. En la Fig. B5 aparece un

método sencillo que puede utilizarse para lograr este desglose. En la figura, pueden utilizarse las clasificaciones o actividades de trabajo de A a J, como títulos donde se pueden registrar las observaciones del estudio del muestreo cronométrico, en este ejemplo una panadería. Probablemente podrían emplearse títulos similares a los utilizados en la Fig. B5 en otros tipos de plantas de proceso de alimentos. Durante esta etapa será necesario realizar también un análisis preliminar.

- Deberá decidirse el número más económico de viajes que el observador puede efectuar durante la jornada normal de trabajo que produzca el número deseado de observaciones necesarias para alcanzar la precisión requerida dentro del tiempo asignado al estudio. La decisión respecto al número de viajes que debe hacerse estará en función directa de los siguientes puntos principales que se deben tomar en consideración: área cubierta en cada recorrido, personal disponible para hacer las observaciones; número de observaciones que se debe hacer en cada viaje; grado de precisión que debe producir el estudio; tiempo disponible del tema de estudio; y limitaciones económicas impuestas por el estudio.

- Las observaciones realizadas durante el transcurso de un estudio del muestreo cronométrico deben hacerse al azar. Toda observación llevada a cabo en un ciclo o programa fijo (por ejemplo, observaciones espaciadas cada 30 minutos a lo largo del día) va en contra de los principios del estudio que, como ya se indicó, está basado en conceptos estadísticos. Si se sigue un

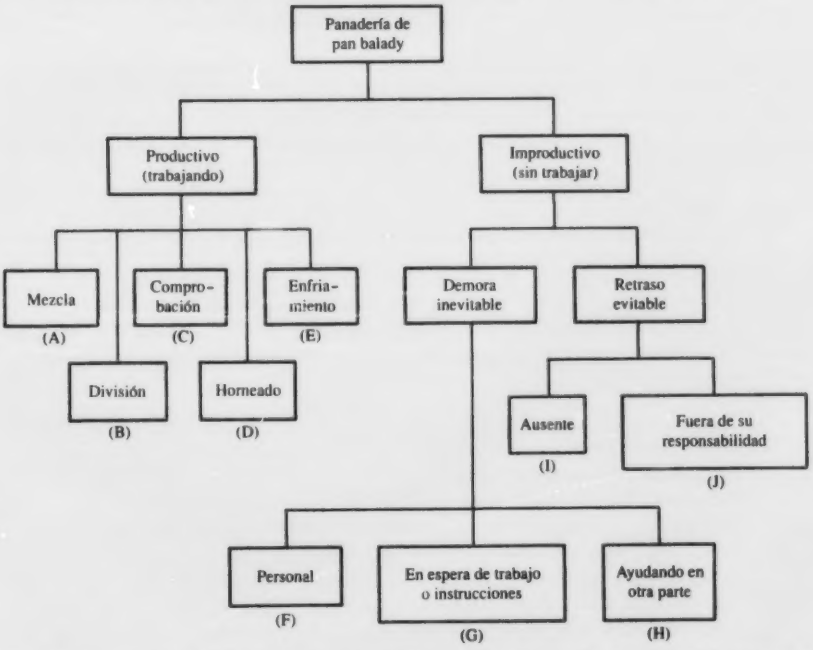


Fig. B5. Ejemplo de desglose de un estudio de muestreo cronométrico de una panadería de pan "balady" mediana en Egipto.

patrón fijo, los operadores esperarán siempre al observador y reaccionarán en consecuencia.

Es probable también que las máquinas estén en una etapa específica de su ciclo de operación. El mejor método para determinar los intervalos de tiempo entre observaciones es emplear una tabla de números aleatorios, convirtiendo estas cifras en un horario aleatorio para un estudio de muestreo cronométrico. De emplearse este método, las series de cifras aleatorias deberían ser siempre una más que el número deseado de viajes (p.ej., si se desean 10 viajes de muestreo, deberían seleccionarse 11 conjuntos de números aleatorios para determinar la hora de cada viaje). Si la cantidad de números aleatorios seleccionados fuera idéntica al número de recorridos necesario, ocurriría que el último recorrido siempre coincidiría con el último minuto del día de trabajo, lo que no es deseable, desde el punto de vista de la estadística y, claro está, tampoco resulta práctico.

- Deberá diseñarse los formularios necesarios que se utilizarán durante el estudio, haciendo énfasis en su sencillez y claridad, así como en su facilidad de lectura y utilización. En los mismos debería preverse suficiente espacio para comentarios especiales, observaciones, etc., así como para el registro de las observaciones. Los tres formularios básicos empleados en un estudio de muestreo cronométrico son: (1) la hoja de observaciones, utilizada para registrar observaciones efectuadas durante los viajes (por ejemplo, cuáles son

Muestra no. 1 Por: Hora: 8:45 a.m.	Operador										Departamento Fecha: 3 de julio
Actividad	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Total
A		✓	✓								2
B	✓									✓	2
C							✓	✓			2
D				✓							1
E											0
F											0
G											0
H					✓						1
I						✓			✓		2
J											0
Total	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10

Fig. B6. Muestra de estilo de hoja de observación. Se pone una marca en la casilla correspondiente para indicar la actividad observada para cada operación. Es necesario una hoja aparte para cada viaje.

las actividades en curso observadas durante el viaje), que puede adaptarse para propósitos específicos (Fig. B6); (2) la hoja de resumen, en que se resumen todos los resultados diarios y que debe estar diseñada para permitir también el registro de los resultados semanales; y (3) el "gráfico cumulativo" en que deberán reflejarse los resultados de cada categoría o elemento del trabajo observado durante el transcurso del estudio, una vez que hayan sido resumidos diariamente (Fig. B7). Este método gráfico de presentación de los resultados puede resultar sumamente valioso para determinar la coherencia de los datos recogidos y decidir si se ha tomado un número suficiente de muestras.

- Deberá seleccionarse la persona, o personas, encargadas del estudio de muestreo cronométrico. Se les deberá explicar detenidamente la naturaleza del trabajo que se está observando, el propósito del estudio, y las limitaciones existentes. Deberá velarse por que estas personas comprendan la importancia de que sus observaciones se lleven a cabo de manera aleatoria. Al respecto, son recomendables las siguientes reglas sencillas: (a) antes de iniciar el viaje, debe seleccionarse un punto en donde se harán las observaciones; (b) la localización del punto de observación seleccionado deberá variarse a menudo, preferentemente todos los días y siempre antes de iniciar el viaje; (c) al hacer las observaciones, deberá evitarse anticipar las actividades de la máquina o del operador. Deberá registrarse exactamente sólo lo que está ocurriendo en el instante en que se realiza la operación, y nada más. Deberá evitarse acelerar el paso o caminar más lentamente, al acercarse al punto de observación seleccionado, con el fin de "captar" una actividad específica,

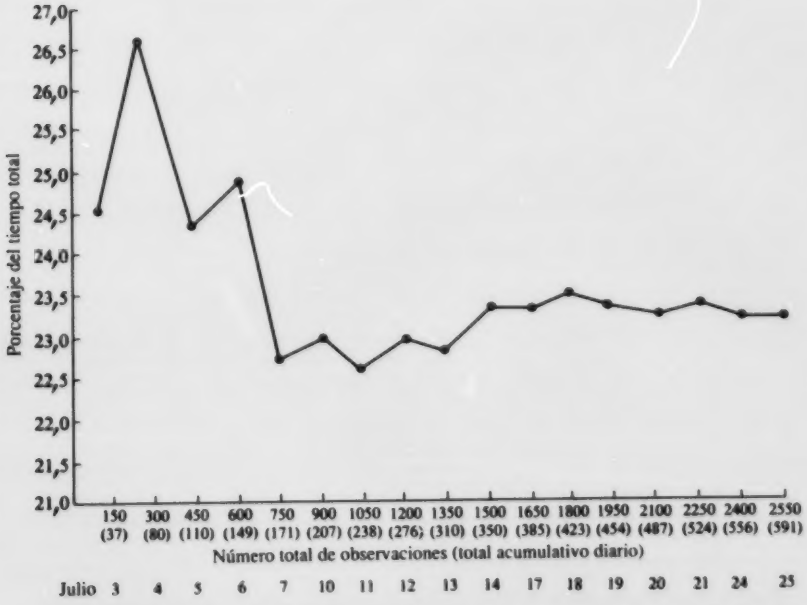


Fig. B7. Resumen gráfico (gráfica cumulativa) para una actividad (A). (Total de observaciones para todas las actividades = 150/día.)

porque, de lo contrario, la observación dejaría de ser totalmente aleatoria; (d) deberá variarse la ruta de llegada al punto de observación con el fin de evitar que el individuo observado acelere el paso o cambie de actividad, evitándose así que se falseen los resultados; (e) el observador deberá entrar en el área en que ha de realizar sus observaciones siguiendo una ruta diferente todos los días o, de ser posible, en cada viaje.

- Antes del inicio de las observaciones, todo el personal que participe en el estudio de muestreo cronométrico deberá ser informado de lo que va a ocurrir, debiendo presentarles la persona que estará a cargo del estudio, explicándoles la manera en que éste se llevará a cabo. Reviste suma importancia explicar a todo el mundo lo que se está haciendo, así como la manera en que podrían verse afectados. Son muchas las personas que ven con malos ojos cualquier tipo de estudio y que consideran al observador un "cazador de cabezas". Cuando la administración es inteligente y pone a disposición de los empleados toda la información necesaria, éstos siempre cooperan en cualquier estudio laboral que contribuya al progreso de la compañía y que, por lo tanto, represente mayor seguridad para sus empleos.

- Las observaciones deberán realizarse atendiendo a los principios esbozados en las secciones anteriores. La hoja de observación deberá ir firmemente sujeta en una tablilla, debiendo el observador esforzarse por mantener las hojas en buenas condiciones.

- Al término de cada día, deberán resumirse todas las observaciones de la jornada, anotando los resultados en la hoja de resumen, y llevándolos al gráfico cumulativo, lo que no debe tomar más de 15 a 30 minutos por día. Deberán discutirse los resultados obtenidos hasta la fecha, haciendo todo tipo de alteración al procedimiento o al método en caso necesario. Este "resumen" diario de actividades reviste mucha importancia.

- Una vez concluido el estudio de muestreo cronométrico, deberá prepararse un informe del trabajo efectuado, el que se presentará a la administración. El informe deberá incluir el propósito y amplitud del estudio de muestreo cronométrico, un resumen de las conclusiones, recomendaciones y los estimados de los ahorros que podrían derivarse de las recomendaciones. El informe deberá contener detalles del método de ejecución de las recomendaciones, así como todos los datos necesarios para verificar las conclusiones a que se llegó.

- Cuando la administración autorice la ejecución de las recomendaciones derivadas del estudio, debe mantenerse estrecha supervisión de los cambios, la que preferiblemente debería correr a cargo del personal que llevó a cabo el estudio original. Una vez introducidas las modificaciones, deberán llevarse a cabo verificaciones trimestrales para garantizar que los cambios introducidos se han traducido en los ahorros anticipados. (En la publicación IDRC-MR56e aparece un ejemplo de un estudio de muestreo cronométrico.)

Apéndice C

Ejemplo de un experimento de selección

Definición del problema

Un fabricante de alimentos deshidratados ha estado investigando una nueva fórmula para una mezcla deshidratada de bebidas. La compañía desea ahora definir las condiciones óptimas de procesamiento para el producto que se va a secar con una secadora de tambor bicilíndrica. El objetivo es definir las condiciones de procesamiento óptimas para el secado con rodillos de la nueva mezcla para bebida.

Variables experimentales

Se estima que las siguientes variables de respuesta resultan importantes para el producto: (a) contenido de humedad del producto deshidratado; (b) viscosidad de la bebida preparada; (c) sedimento en la bebida preparada después de un tiempo especificado; y (d) aceptabilidad de la bebida por parte de los consumidores. Se definieron siete variables de insumos que revisten importancia para el proceso. En la Tabla C1 se presentan los valores límites superior e inferior de dichas variables.

Diseño experimental

Plackett y Burman prepararon los siguientes planos experimentales para la selección de n – 1 variables en n experimentos. Se proporciona la primera línea de la matriz y cada fila se genera moviendo esta primera fila un espacio hacia la

Tabla C1. Variables y límites para el secado con rodillo.

Variable	Límite superior	Límite inferior
A Agua/sólidos	2,0	1,5
B Tiempo de remojo[a] (min)	75	30
C Temperatura de remojo (°C)	65	15
D Presión de vapor (kPa)	350	230
E Altura de corte[b] (cm)	4	2
F Separación de corte[c] (mm)	35	20
G Velocidad del tambor (rpm)	2,8	1,4

[a] Tiempo de remojo = tiempo de remojo de la mezcla deshidratada antes del secado.
[b] Altura de corte = profundidad de la suspensión acuosa entre los rodillos.
[c] Separación de corte = distancia entre los rodillos en el punto más cercano.

izquierda n – 2 veces y añadiendo una fila final de signos negativos. El signo positivo + indica que las variables se fijan al nivel superior y el signo negativo (–) al nivel inferior.

n = 8 + + + – + – –

n = 12 + + – + + + – – – + –

n = 16 + + + + – + – + + – – + – – –

n = 20 + + – – + + + + – + – + – – – – + + –

n = 24 + + + + + – + – + + – – + + – – + – + – – – –

El plan experimental se selecciona para n superior al número de variables en el problema. Las variables sobrantes, llamadas variables ficticias, se utilizan para calcular el error experimental a la hora de determinar la significación de los efectos.

Siete variables resulta un número demasiado elevado a tomar en cuenta en experimentos sobre procesos. Por lo tanto, se planificó un experimento de selección de acuerdo con el diseño de Plackett y Burman para definir las más importantes variables del proceso. Se planificó un experimento de 12 pasos con las siete variables del proceso y cuatro variables ficticias para estimar el error experimental (Tabla C2).

Se hicieron esfuerzos, en la medida de lo posible, para llevar a cabo los pasos de una manera aleatoria. Sin embargo, se consideró importante hacer todos los pasos en que hubiera la misma separación de corte consecutivamente para evitar los errores debidos al reajuste de los rodillos. Los resultados del experimento aparecen en la Tabla C3.

Cálculo de los efectos del error

Los efectos de las variables A–G y de las cuatro variables ficticias H–K se calcularon de la siguiente manera:

Tabla C2. Diseño de Plackett y Burman para el secado con rodillos.

Paso no.	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	+	+	–	+	+	+	–	–	–	+	–
2	+	–	+	+	+	–	–	–	+	–	+
3	–	+	+	+	–	–	–	+	–	+	+
4	+	+	+	–	–	–	+	–	+	+	–
5	+	+	–	–	–	+	–	+	+	–	+
6	+	–	–	–	+	–	+	+	–	+	+
7	–	–	–	+	–	+	+	–	+	+	+
8	–	–	+	–	+	+	–	+	+	+	–
9	–	+	–	+	+	–	+	+	+	–	–
10	+	–	+	+	–	+	+	+	–	–	–
11	–	+	+	–	+	+	+	–	–	–	+
12	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–

Nota: Las variables A a la G se definen en la Tabla C1. Las variables H, I, J, y K son ficticias.

Tabla C3. Resultados del experimento de Plackett y Burman.

Paso no.	Humedad (%)	Viscosidad cps	Sedimentación (%)[a]	Puntaje sensorial[b]
1	2,32	15,0	64	5,8
2	1,65	29,0	88	5,0
3	2,02	10,5	54	7,0
4	3,30	20,0	59	7,0
5	3,57	16,5	78	5,3
6	3,25	31,0	83	5,0
7	2,94	26,0	58	6,5
8	4,27	12,5	38	6,8
9	2,22	32,5	74	6,4
10	5,93	27,5	69	5,5
11	5,69	16,0	41	5,5
12	2,18	37,5	66	6,2

[a] El % de sedimentación se define como la proporción de distribución completa de partículas (es decir, 100% = distribución completa).
[b] El puntaje sensorial es el puntaje aceptable promedio en una escala de 10 puntos (cinco jueces).

E_a = [Total de todos los R al nivel superior (+)]/6 – [Total de todos los R al nivel inferior (–)]/6

En la cual E_a = efecto de A, y R = respuesta o resultado. Los efectos de las cuatro variables de respuesta, a saber: humedad, viscosidad, sedimentación y puntaje sensorial aparecen en las Tablas C4 y C5. Los efectos de las variables ficticias se combinaron para estimar la variancia de un efecto:

V_{ef} = Total de todos $(E_d)^2/n$

En la cual V_{ef} = variancia de un efecto; E_d = efecto de la variable; y n = número de variables ficticias. El error estándar de un efecto se calculó como sigue: $S.E._{ef} = \sqrt{V_{ef}}$. La significación de cada efecto se determinó empleando el test-t: t = efecto/$S.E._{ef}$. Las pruebas de significación aparecen en las Tablas C4 y C5.

Un resumen de los efectos significativos (>80%) indica que de las variables de respuesta, la humedad se ve afectada de manera significativa por la temperatura de remojo, la presión de vapor, la separación de corte y la velocidad del rodillo; la viscosidad se ve afectada por el tiempo de remojo, la temperatura de remojo y la separación de corte; sobre el sedimento influye la proporción de agua/sólidos, la temperatura de remojo y la separación de corte; el puntaje sensorial se ve influido por la proporción de agua/sólidos. Los resultados indican que las variables específicas son importantes para determinar el nivel de las diferentes respuestas. Cuando hay más de una variable de respuesta, el experimentador tiene que seleccionar entre las variables de insumo importantes para mayor estudio. Se determinaron prioridades sobre las cuatro variables de respuesta de la siguiente manera: humedad, viscosidad, sedimento y puntaje sensorial. El puntaje sensorial se clasificó en último lugar dado que la mayoría de las bebidas resultaban aceptables y que existían solamente diferencias mínimas en la aceptabilidad general entre las diferentes muestras. A continuación se tomó la decisión de llevar a cabo un experimento factorial completo con tres variables para optimizar aún más las condiciones del proceso. Las variables importantes que se seleccionaron fueron la separación de corte, el tiempo de remojo y la velocidad del tambor.

Tabla C4. Variables y efectos — humedad y viscosidad.

Código	Humedad		Viscosidad	
	Efecto	Prueba t	Efecto	Prueba t
A	0,117	0,24	0,667	0,17
B	-0,183	-0,38	-8,883	-2,18 (90)
C	1,063	2,22 (90)	-7,167	-1,77 (85)
D	-0,863	-1,80 (85)	1,167	0,29
E	-0,090	-0,19	-0,333	-0,08
F	1,687	3,52 (95)	-7,833	-1,93 (85)
G	1,220	2,55 (90)	5,333	1,32 (75)
H	0,530	1,11 (70)	-2,167	0,54
I	-0,573	1,19 (70)	-0,167	0,04
J	0,523	1,09	-7,333	-1,81 (85)
K	0,183	0,33	-2,667	-0,66

Nota: Los valores que aparecen en paréntesis son porcentajes ≥70%

Tabla C5. Variables y efectos — puntuación sensorial y de los sedimentos.

Código	Sedimento		Puntuación sensorial	
	Efecto	Prueba t	Efecto	Prueba t
A	18,33	3,01 (95)	-0,800	-1,67 (80)
B	-5,33	0,88	0,333	0,69
C	-12,33	-2,03 (85)	0,267	0,56
D	7,00	1,15 (70)	0,067	0,14
E	0,67	0,11	-0,500	-1,04
F	-12,67	-2,08 (85)	-0,200	-0,42
G	-0,67	-0,11	-0,033	-0,07
H	3,33	0,55	0	0
I	3,00	0,49	0,333	0,69
J	-10,00	-1,65 (80)	0,700	-1,46 (75)
K	-5,33	-0,88	0,567	-1,18 (70)

Nota: Los valores entre paréntesis son porcentajes mayores o iguales al 70%.

La temperatura de remojo se fijó a la temperatura ambiente dado que se estimó que resultaba muy difícil mantener temperaturas de remojo muy elevadas dentro de la fábrica. Podrían existir también problemas microbianos que afectaran el producto. Este paso es contrario a lo que sugieren los resultados experimentales, que indicaron una relación inversamente proporcional entre las variables de respuesta viscosidad y sedimento y la temperatura de remojo. De no poderse obtener un producto satisfactorio con remojo a temperatura ambiente, se deberá estudiar la posibilidad de emplear remojo a mayores temperaturas en una etapa posterior.

La proporción de agua/sólidos se fijó a un nivel elevado como lo indica la elevada relación positiva entre la proporción de agua/sólidos y la sedimentación, es decir, se obtuvo una mejor dispersión cuando el secador de rodillo era alimentado con una elevada proporción de agua/sólidos.

La presión de vapor era la cuarta variable en orden de importancia que afectaba la humedad. Dado que ésta era la única variable de respuesta que se veía afectada, se decidió fijar la presión de vapor al nivel inferior, lo que está de acuerdo con dar un elevado contenido de humedad, cuya presencia es deseable en el producto.

En resumen, el experimento de selección de Plackett y Burman indicó que seis de los siete variables de proceso originales influían de alguna manera sobre una o más de las variables de respuesta. Los resultados del experimento se utilizaron para seleccionar tres de estas seis variables del proceso para evaluación experimental adicional y para fijar los niveles de las restantes tres variantes para ese experimento.

Ejemplo de un experimento factorial

Una máquina descascaradora de laboratorio provista de ocho discos abrasivos, cada uno de 25 cm de diámetro, accionada por uno de velocidad variable se sometió a evaluación para determinar su rendimiento para el descascaramiento de caupíes en Tailandia. El descascaramiento ocurre gracias a la acción abrasiva de los discos rotatorios sobre la cáscara de la semilla. Se debe señalar que los discos no solamente afectan la cáscara sino que se producen también considerables pérdidas de cotiledón durante un procesamiento prolongado. Se produjo harina a partir de los caupíes descascarados empleando un pequeño molino de pistón provisto de una criba con orificios de 0,035 pulgadas de diámetro.

Diseño experimental

La evaluación de las características de la descascaradora se llevó a cabo empleando un diseño experimental totalmente factorial con tres variables a dos niveles:

Variable	Nivel inferior	Nivel superior
Tiempo (min)	2	10
Tamaño del corte (kg)	1,5	2,5
Velocidad (rpm)	600	1 400

Cuando la descascaradora se llenaba de caupíes se observaba cierto grado de reducción de la velocidad de rotación. Esta reducción obedecía al peso de la carga. Las velocidades de rotación empleadas en el experimento son las velocidades de rotación con carga, no la velocidad en marcha libre.

El diseño experimental completo se derivó del formato normalizado que aparece en la Tabla C6, como se indica en la Tabla C7. Una vez terminado cada pase, se obtuvieron las variables de respuesta como se indica a continuación:

- El rendimiento percentual representó el peso de los caupíes retenidos en un tamiz de 1/8 de pulgada, expresado como porcentaje del peso inicial antes del descascarado.
- Se preparó harina a partir de las tandas de fríjoles descascarados de cada una de las ocho pases experimentales, y se midió la absorbencia (en un espectrofotómetro) de las pastas de harina. El porcentaje de cáscara que quedaba en cada muestra se leyó a partir de una curva normalizada obtenida anteriormente, que indica la relación entre absorbencia y porcentaje.
- Los estudios previos indicaron que la cáscara de la variedad específica de caupí estudiada representa aproximadamente 14% del peso total de las

Tabla C6. Diseño factorial para un experimento de dos niveles y tres factores.[a]

Experimento	Código de tratamiento	Variable A	Variable B	Variable C
1	1	Bajo (–)	Bajo (–)	Bajo (–)
2	a	Alto (+)	Bajo (–)	Bajo (–)
3	b	Bajo (–)	Alto (+)	Bajo (–)
4	ab	Alto (+)	Alto (+)	Bajo (–)
5	c	Bajo (–)	Bajo (–)	Alto (+)
6	ac	Alto (+)	Bajo (–)	Alto (+)
7	bc	Bajo (–)	Alto (+)	Alto (+)
8	abc	Alto (+)	Alto (+)	Alto (+)

[a] Los códigos de tratamiento indicados se utilizan generalmente en el diseño experimental. La presencia de una letra minúscula en el código de tratamiento indica que la variable correspondiente se encuentra al nivel superior para ese pase mientras que las demás están al nivel inferior. Por ejemplo, en el pase número 2 el código de tratamiento es a, lo que indica que la variable A se encuentra al nivel superior y que las otras dos variables están al nivel inferior.

Tabla C7. Diseño experimental factorial.

Pase	Tiempo (min)	Tanda (kg)	Velocidad (rpm)
1	2	1,5	600
a	10	1,5	600
b	2	2,5	600
ab	10	2,5	600
c	2	1,5	1 400
ac	10	1,5	1 400
bc	2	2,5	1 400
abc	10	2,5	1 400

semillas. El rendimiento esperado, sin pérdida de cotiledón, se calculó así: rendimiento esperado (Ey) = 100 – 14 × H, en la cual H es la fracción de cáscara extraída. La pérdida de cotiledón, expresada como %, se calculó así: (Ey – Ay)/Ey, en la cual Ay es el rendimiento real observado.

Los resultados del experimento se reflejan en la Tabla C8. Los resultados correspondientes al rendimiento percentual, al porciento de cáscara restante, y al porciento de cotiledón perdido se analizaron empleando análisis de Yates. El método de Yates aplicado a un experimento con dos factores es como sigue: Se escriben los tratamientos (1) a, b, ab en forma de columna como se indica en la Tabla C9. Al lado de éstas se colocan las respuestas reales obtenidas con cada tratamiento. A continuación se lleva a cabo un ejercicio matemático sencillo añadiendo las primeras dos cifras en la segunda columna y colocándolas en la parte superior de la tercera columna. A continuación se añaden las siguientes dos cifras y se colocan debajo de la primera cifra que aparece en la tercera columna. Más tarde se resta el resultado superior de la segunda columna del segundo resultado que aparece en la segunda columna y se coloca la respuesta en el tercer lugar en la tercera columna, y, por último, se resta el tercer resultado en la segunda columna de este último resultado y se pone la respuesta al término de la tercera columna. Se repite este proceso para una columna adicional. Los efectos de cada código de tratamiento se calculan dividiendo la cuarta columna entre cuatro. Esto arroja los

Tabla C8. Resultados de un experimento factorial y completo.

Pase	Rendimiento Percentual	Porciento de cáscara restante	Porciento de cotiledón perdido
1	95,8	82	2
a	81,9	41	11
b	97,9	81	0
ab	85,1	48	8
c	83,5	35	8
ac	62,7	14	29
bc	89,1	52	5
abc	61,9	7	29

Tabla C9. Ejemplo de análisis de Yates.

Código de tratamiento	Resultado	Columna 3	Columna 4	Efecto (β_i)
(1)	1	1 + 4 = 5	5 + 7 = 12	3,0
a	4	2 + 5 = 7	3 + 3 = 6	1,5
b	2	4 − 1 = 3	7 − 5 = 2	0,5
ab	5	5 − 2 = 3	3 − 3 = 0	0,0

valores β_i que pueden ser usados en ecuaciones predictivas como coeficientes de las variables de insumos.

La significación de estos efectos debe comprobarse relacionando sus niveles con el error experimental. Por lo general, el error experimental se calculará a partir de pasos repetitivos del mismo tratamiento. El error estándar se puede entonces calcular a partir de la variancia de los resultados.

Discusión de los resultados

Los resultados indican que todas las tres variables — el porcentaje de cáscara restante, el porcentaje de cotiledón perdido, y el rendimiento percentual se ven todos afectados adversamente por el aumento en el tiempo de procesamiento y en la velocidad de los discos. El volumen de las tandas no parecía tener efectos dentro de la gama analizada (Tablas C10–12).

Sin embargo, se espera que con tandas de gran volumen, p.ej., 5 kg, se observará una reducción en la eficiencia de procesamiento debida a la limitación de movimiento de las semillas, y por lo tanto, la reducción de tiempo que cada semilla está en contacto con los discos abrasivos.

Las pruebas de cocción indicaron que la harina con un contenido de cáscara remanente del 30% resultaba aceptable. Las pruebas de procesamiento indicaron que no existía ventaja real en utilizar velocidades inferiores para mejorar la calidad de la semilla descascarada. Sin embargo, resulta ventajoso reducir el tiempo necesario para el procesamiento empleando velocidades superiores. Asimismo, con velocidades superiores se reducen las pérdidas de cotiledón. La Tabla C13 indica que el tiempo previsto necesario empleando las ecuaciones predictivas (derivadas del análisis de los resultados) para conseguir una remoción de cáscara del 70% (es decir, 30% de cáscara remanente) a las velocidades empleadas en el experimento.

Tabla C10. Análisis de Yates para el porcentaje de cáscara remanente.

Pase	Porcentaje de cáscara	Columna 1	Columna 2	Columna 3	Efecto promedio	t = Efecto/ 0.69
1	82	123	252	360	45,0	65,2
a	41	129	108	−140	−17,5	−25,4[a]
b	81	49	−74	16	2,0	2,9
ab	48	59	−66	−16	−2,0	−2,9
c	35	−41	6	−144	−18,0	−26,1[a]
ac	14	−33	10	8	1,0	1,5
bc	52	−21	8	4	0,5	0,72
abc	7	−45	−24	−32	−4,0	−5,8

[a] Significativo al nivel de 99,9%.

Nota: Error estándar de pases repetidos = 0,69; $\alpha 0{,}01 = 4{,}54$. Al nivel de 99,9% solamente son significativos los efectos principales, tiempo y velocidad. La ecuación predictiva es: $Y = 45{,}0 - 17{,}5X_1 - 18{,}0X_3$, en la cual X_1 = tiempo y X_3 = velocidad (unidades codificadas). La ecuación predictiva no codificada es: Porcentaje de cáscara = $116{,}3 - 4{,}4X_1 - 0{,}045X_3$.

Tabla C11. Análisis de Yates para el rendimiento percentual.

Pase	Rendimiento percentual	Columna 1	Columna 2	Columna 3	Efecto promedio	t = Efecto/ 0.55
1	95,8	177,7	360,7	657,9	82,2	149,5
a	81,9	183,0	297,2	−74,7	−9,3	−17,0[a]
b	97,9	146,2	−26,7	10,1	1,3	2,3
ab	85,1	151,0	−48,0	−5,3	−0,66	−1,2
c	83,5	−13,9	5,3	−63,5	−7,9	−14,4[a]
ac	62,7	−12,8	4,8	−21,3	−2,7	−4,9[a]
bc	89,1	−20,8	1,1	−0,5	−0,06	−0,11
abc	61,9	−27,2	-6,4	−7,5	−0,47	−0,85

[a] Significativo al nivel de 99,9%. Nota: El error estándar de pases repetidos = 0,55. La ecuación predictiva es: $Y = 82{,}2 - 9{,}3X_1 - 7{,}9X_3 - 2{,}7X_1X_3$, en la cual X_1 = tiempo y X_3 = velocidad (unidades codificadas). La ecuación no codificada es: Rendimiento porcentual = $107{,}1 - 0{,}83X_1 - 0{,}0108X_3 - 0{,}0015X_1X_3$.

Si bien la reducción del tiempo de procesamiento presenta claras ventajas, se recomienda que éste no sea demasiado corto. Cuando el tiempo de procesamiento es muy corto, el registro de este lapso de tiempo resultará extremadamente crítico y, en caso de ocurrir una pequeña prolongación del tiempo necesario, se observaría un aumento significativo de las pérdidas de cotiledón.

Por lo tanto, se recomienda que para la variedad de caupí utilizada en esta prueba, se debe emplear una velocidad de 1 600 rpm durante 3 min para tandas de 2,5 kg. En estas condiciones, deberá extraerse un 70% de la cáscara con una pérdida de cotiledón de un 10%.

Ejemplo de un estudio EVOP

Una compañía pequeña fabrica un producto de pescado enlatado que requiere decoloración en una etapa del proceso. La compañía ha recibido varias quejas sobre

Tabla C12. Análisis de Yates para el porcentaje de endospermo en la fracción desperdiciada.

Pase	Porcentaje de endospermo	Columna 1	Columna 2	Columna 3	Efecto promedio	t = Efecto/ 0.55
1	2	13	21	92	11,5	20,9
a	11	8	71	62	7,8	14,1[a]
b	0	37	17	−8	−1,0	−1,8
ab	8	34	45	2	0,25	0,45
c	8	9	−5	50	6,3	11,4[a]
ac	29	8	−3	28	3,5	6,4[a]
bc	5	21	−1	2	0,25	0,45
abc	9	24	3	4	0,5	0,91

[a]Significativo al nivel de 99,9%.

Nota: El error promedio de pases repetidos = 0,55. La ecuación predictiva es: $Y = 11,5 + 7,8X_1 + 6,3X_3 + 3,5X_1X_3$, en la cual X_1 = tiempo y X_3 = velocidad (unidades codificadas). La ecuación no codificada es: porcentaje de endospermo perdido = $-2,63 - 0,25X_1 + 0,0019X_3 + 0,0022X_1X_3$.

Tabla C13. Pérdidas de cotiledón predichas a diferentes velocidades.

Velocidad (rpm)	Tiempo (min)	Volumen de la tanda (kg)	Porcentaje de cáscara remanente	Porcentaje de perdida de cotiledón
1400	5	2,5	30	14,2
1500	4	2,5	30	12,4
1600	3	2,5	30	10,2
1700	2	2,5	30	7,6

el color de su producto, que tiende hacia el marrón claro. Los consumidores prefieren un producto de color crema. Aunque la administración comprende la necesidad de mejorar el color del producto, no desea interrumpir la producción mientras se llevan a cabo los análisis de laboratorio. Se seleccionó el EVOP como procedimiento de experimentación durante la fabricación para evaluar el efecto de las condiciones de procesamiento sobre el color del producto.

Procedimiento EVOP

El color del producto se clasifica empleando una escala de 10 puntos que va del 1 (marrón oscuro) al 10 (color crema claro). Se estimó que dos de las variables que tenían un efecto más marcado sobre el color del producto fueron la concentración de sulfito en el líquido blanqueador y la duración del blanqueo. La experiencia previa de la administración llegó a la definición de las condiciones para el primer ciclo de un EVOP, como se indica en la Tabla C14.

Cada una de las cinco condiciones se efectuó durante pases de producción normales en la fábrica. Se determinó el color promedio del producto para cada condición de operación tomando una muestra de 10 kg de producto y clasificando el color en la escala de 10 puntos. Se informó el peso del producto en cada una de las categorías de clasificación del color, calculándose un color promedio ponderado

Tabla C14. Definición de las condiciones para el primer ciclo de una prueba EVOP.

Condiciones de funcionamiento	Sulfito (ppm)	Tiempo (mín)
1	200	60[a]
2	150	50
3	250	70
4	150	70
5	250	50

[a] Condiciones existentes.

de la manera siguiente: color promedio = [peso de la muestra en la categoría de color X1 + peso de la muestra en la categoría de color X2 + ...]/número de muestras

o en fórmula matemática:

$$\text{Color promedio} = \sum_{i=1}^{10} w_i x_i / 10$$

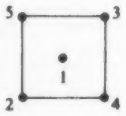
En la cual x_i = puntaje de color (1, oscuro a 10, claro), y w_i = peso clasificado en la categoría i; es decir, $w_i x_i$ = peso de la muestra en cada categoría × puntaje de la categoría de clasificación del color.

Las clasificaciones de color promedio se registraron en la hoja de trabajo EVOP (Fig. C1), haciéndose los cálculos correspondientes como se indica para el ciclo n – 1. Este ciclo de cinco condiciones de funcionamiento se repitió tres veces. Las clasificaciones y cálculos del color resultante se reflejan en las hojas de trabajo (Fig. C1).

Al término de tres ciclos se contaba con suficiente información de la parte superior de las figuras para seleccionar un conjunto perfeccionado de condiciones de funcionamiento; con 250 ppm de sulfito durante 50 min, el color promedio después de tres ciclos tenía una clasificación de 8,3, pero con la condición existente de 200 ppm durante 60 min el puntaje era de sólo 5,7. La diferencia entre las dos condiciones de funcionamiento se eleva a 2,6 unidades cromáticas. La desviación estándar promedio después de tres ciclos es 1,22. La diferencia en el puntaje cromático dividido por la desviación estándar promedio es 2,13, lo que indica una mejora significativa. La parte inferior de las hojas de trabajo está destinada a aislar los efectos significativos. Esta información puede omitirse si se considera que no es esencial. Está claro que la reducción del tiempo debería traducirse en un color más aceptable durante el proceso existente.

Tabla C15. Condiciones finales para los ensayos EVOP.

Condiciones de funcionamiento	Sulfito (ppm)	Tiempo (mín)
1	250	50
2	200	40
3	300	60
4	200	60
5	300	40



Ciclo n = 1

Respuesta — Color

Cálculo de promedios						Cálculo de "S"
Condiciones de funcionamiento	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	
(a) Suma del ciclo anterior						Suma previa S =
(b) Promedio del ciclo anterior						Promedio anterior S =
(c) Nuevas observaciones	**6**	**7**	**3**	**8**	**9**	Nuevo S = R × $f_{k,n}$* = =
(d) Diferencias (b – c)						Gama =
(e) Nuevas sumas	**6**	**7**	**3**	**8**	**9**	Nueva suma S =
(f) Nuevos promedios	**6**	**7**	**3**	**8**	**9**	Nuevo promedio S =

Cálculo de efectos	Cálculo del límite de error
Efecto del tiempo = $1/2(y_3 + y_4 - y_2 - y_5)$ = **$1/2(3 + 8 - 7 - 9) = -2,5$**	Nuevo promedio = $2\sigma/\sqrt{n}$ = **$2 \times 1,5/\sqrt{1} = \pm 3,0$**
Efecto del sulfito = $1/2(y_3 + y_5 - y_2 - y_4)$ = **$1/2(3 + 9 - 7 - 8) = -1,5$**	Nuevos efectos = $2\sigma/\sqrt{n}$ = **$\pm 3,0$**
Efecto t × s = $1/2(y_1 + y_3 - y_4 - y_5)$ = **$1/2(6 + 3 - 8 - 9) = -4,0$**	Cambio en la media = $1,78\sigma/\sqrt{n}$ = **$1,78 \times 1,5/\sqrt{1} = 2,7$**
Cambio de la media = $1/5(y_2 + y_3 + y_4 + y_5 - 4y_1)$ = **$1/5(7 + 3 + 8 + 9 - (4 \times 6)) = 0,6$**	Estimado anterior de σ (del experimento anterior de clasificación del color) = **1,5**

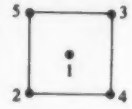
Observaciones: Ninguno de los efectos excede los límites de efectos, el cambio de la media no excede los límites de la media, y no se cuenta con suficientes datos para el primer pase. Repetir.

* $f_{k,n}$, se encuentra en las tablas estándar para cada valor de gama y número de valores en la gama.

Fig. C1. Muestra de la hoja de trabajo EVOP para el ciclo n = 1, 2, y 3 respuesta del color (los valores en bastardilla negrilla son los valores medidos o calculados durante las pruebas).

Se sugirió como resultado del primer experimento EVOP de tres ciclos que debería llevarse a cabo otro pase EVOP, cuyo elemento central sería emplear 250 ppm de sulfito durante 50 min. Las condiciones seleccionadas en consultas con la administración para los cinco ensayos aparecen en la Tabla C15.

El segundo pase de EVOP no tuvo como resultado una mejora significativa en el



Ciclo n = 2

Respuesta — Color

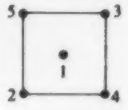
Cálculo de promedios						Cálculo de "S"
Condiciones de funcionamiento	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	
(a) Suma del ciclo anterior	6	7	3	8	9	Suma previa S =
(b) Promedio del ciclo anterior	6	7	3	8	9	Promedio anterior S =
(c) Nuevas observaciones	4	7	5	7	8	Nuevo S = $R \times f_{k,n}$ = 4 × 0,3 = 1,2
(d) Diferencias (b – c)	2	0	–2	1	1	Gama = 2 – (–2) = 4
(e) Nuevas sumas (a + c)	10	14	8	15	17	Nueva suma S = 1,2
(f) Nuevos promedios –(9)y = (e)/n	5	7	4	7,5	8,5	Nuevo promedio S = 1,2

Cálculo de efectos	Cálculo del límite de error
Efecto del tiempo = $1/2(y_3 + y_4 - y_2 - y_5)$ = 1/2(4 + 7,5 – 7 – 8,5) = –2,0	Nuevo promedio = $2\sigma/\sqrt{n}$ = 2 × 1,2/√2 = ±1,7
Efecto del sulfito = $1/2(y_3 + y_5 - y_2 - y_4)$ = 1/2(4 + 8,5 – 7 – 7,5) = –1,0	Nuevos efectos = $2\sigma/\sqrt{n}$ = ±1,7
Efecto t × s = $1/2(y_1 + y_3 - y_4 - y_5)$ = 1/2(5 + 4 – 7,5 – 8,5) = –3,5	Cambio en la media = $1,78\sigma/\sqrt{n}$ = ±1,5
Cambio de la media = $1/5(y_2 + y_3 + y_4 + y_5 - 4y_1)$ = 1/5(7 + 4 + 7,5 + 8,5 – (4 × 5)) = 1,4	

Observaciones: El efecto del tiempo excede los límites de efectos; el cambio de la media no excede los límites de la media; por lo tanto, el tiempo tiene efecto, pero es necesario otro pase; y las condiciones (4) y (5), son superiores a (1) por más de 2 × S = 2,4. Repetir para verificar.

Fig. C1 continuación

color, manteniéndose como condiciones de procesamiento en curso la concentración de 250 ppm de sulfito durante 50 min. La compañía continuó realizando experimentos de procesamiento en línea similares debido a las mejoras directas en el producto resultantes y al interés observado entre los operadores y la administración.



Ciclo n = 3

Respuesta — Color

Cálculo de promedios						Cálculo de "S"
Condiciones de funcionamiento	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	
(a) Suma del ciclo anterior	10	14	8	15	17	Suma previa S = 1,2
(b) Promedio del ciclo anterior	5	7	4	7,5	8,5	Promedio anterior S = 1,2
(c) Nuevas observaciones	7	7	3	6	8	Nuevo S = $R \times f_{k,n}$ = 1,23
(d) Diferencias (b – c)	–2	0	1	1,5	0,5	Gama = 3,5
(e) Nuevas sumas (a + c)	17	21	11	21	25	Nueva suma S = 1,2 + 1,23 = 2,43
(f) Nuevos promedios y = (e)/n	5,7	7,0	3,7	7,0	8,3	Nuevo promedio S = 1,22

Cálculo de efectos	Cálculo del límite de error
Efecto del tiempo = $1/2(y_3 + y_4 - y_2 - y_5)$ = $1/2(3,7 + 7 - 7 - 8,3) = -2,3$	Nuevo promedio = $2\sigma/\sqrt{n}$ = $2 \times 1,22/\sqrt{3} = \pm 1,41$
Efecto del sulfito = $1/2(y_3 + y_5 - y_2 - y_4)$ $1/2(3,7 + 8,3 - 7,0 - 7,0) = -1,0$	Nuevos efectos = $2\sigma/\sqrt{n} = \pm 1,41$
Efecto t × s = $1/2(y_1 + y_3 - y_4 - y_5)$ $1/2(5,7 + 3,7 - 7 - 8,3) = -2,9$	Cambio en la media = $1,78\sigma/\sqrt{n} = \pm 1,25$
Cambio de la media = $1/5(y_2 + y_3 + y_4 + y_5 - 4y_1)$ = $1/5(7 + 3,7 + 7 + 8,3 - (4 \times 5,7)) = 0,64$	

Observaciones: El efecto del tiempo excede los límites de error y tratamiento (5) arroja un valor superior a (1) por más de 2 × S = 2,44; por consiguiente, tenemos una condición mejorada, por lo que las condiciones de procesamiento en el número (5) se traducen en un producto de mejor color.

Fig. C1 continuación

Ejemplo de un experimento de mezcla

Definición del problema — Se desea diseñar un nuevo bocadillo relleno similar a la galleta keropok de pescado tradicional, pero empleando un elevado porcentaje de tapioca, para el mercado malasio. Los ensayos de formulación preliminares indican que el bocadillo debería contener harina de soya, harina de tapioca, pescado, agua, glutamato monosódico (MSG), sal y fosfato. Es necesario un

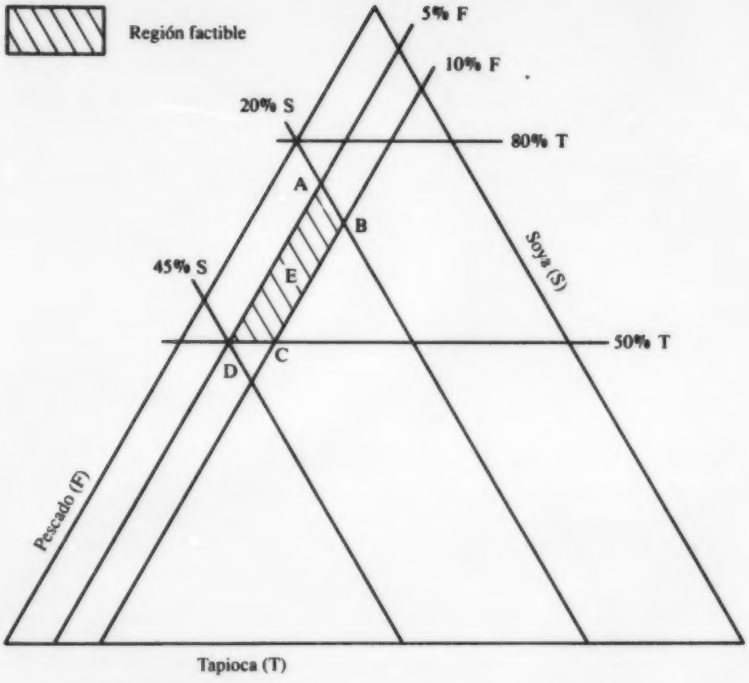


Fig. C2. Espacio completo de la mezcla indicando el área factible para la experimentación (en la que A = 75T, 20S, 5F; B = 70T, 20S, 10F; C = 50T, 40S, 10F; D = 50T, 45S, 5F; y E 62T, 31S, 7F, en el punto central).

bocadillo con elevado contenido de proteína que encuentre gran aceptación entre los consumidores.

Objetivo de la formulación experimental — Seleccionar una combinación de ingredientes y definir sus proporciones respectivas para producir un bocadillo aceptable con elevado contenido de proteína.

Diseño de la mezcla — Este experimento fue planificado para optimizar el nivel de proteína sin reducir la aceptabilidad del bocadillo relleno. El contenido de sal, fosfato, MSG y agua se mantuvieron constantes, mientras que el contenido de tapioca, pescado y soya fueron los componentes estudiados. Los requisitos fueron: tapioca (T), 50–80%; pescado (F), 5–10%; y soya (S) 20–45% (expresado en el porcentaje de la mezcla T + F + S). En la Figura C2 aparece el espacio completo disponible para el diseño de la mezcla. Los límites para los tres ingredientes, T, F, S, reducen el área de experimentación a la región factible.

Se prepararon lotes del bocadillo relleno empleando mezclas de T + S + F = 200 g como se indica a continuación: 150 T + 40 S + 10 F, 140 T + 40 S + 20 F, 100 T + 80 S + 20 F, 100 T + 90 S + 10 F, y 124 T + 62 S + 14 F; cada lote incluía 143 mL de agua, 3,2 g de MSG, 6,3 g de sal, y 1,5 g de fosfato. Se pidió a un panel de 12 jueces malasios que clasificaran los cinco bocadillos en orden de preferencia,

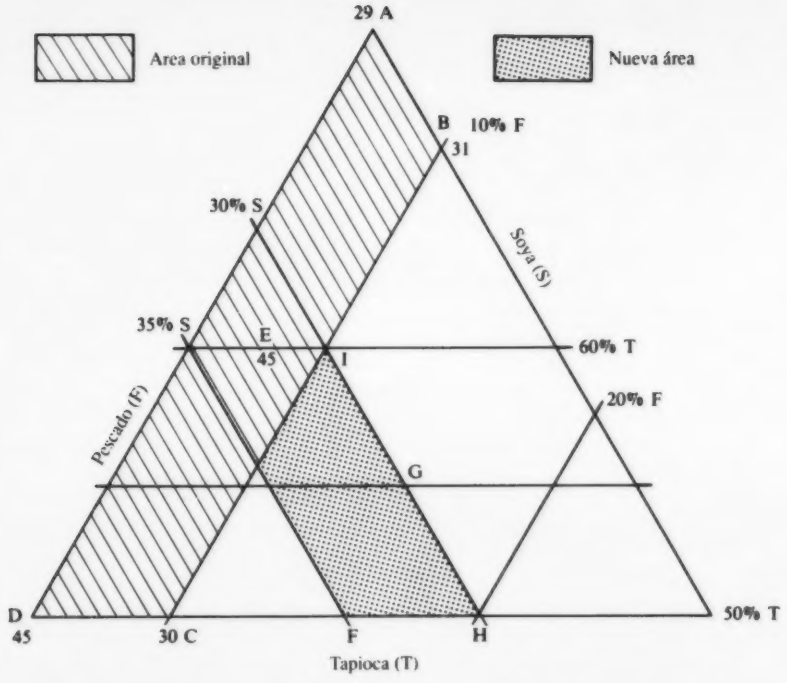


Fig. C3. Espacio de la mezcla indicando el área original (ABCDE) y las nuevas áreas experimentales (FGHI) en la cual F = 50T + 15F + 35S, G = 55T + 15F + 30S, H = 50T + 20F + 30S, y I = 60T + 10F + 30S (extracto de la Fig. C2).

dando un puntaje de 1 al mejor y de 5 al peor. El total de los puntajes de los 12 panelistas fueron: A = 29, correspondiente a un T elevado, S bajo, y F bajo; B = 31, T elevado, S bajo, F elevado; C = 30, T bajo, D elevado, F elevado; D = 45, T bajo, S elevado, F bajo; y E = 45 como punto medio.

Estudio de los efectos — Los efectos de cada uno de los tres ingredientes se evaluaron comparando los puntajes totales en los niveles elevado y bajo para cada ingrediente: El puntaje elevado correspondiente a la tapioca fue de 29 + 31 = 60 y el puntaje bajo fue de 30 + 45 = 75; por lo tanto, era preferible una cantidad elevada de tapioca (efecto positivo); el puntaje elevado de la soya era de 30 + 45 = 75 y el puntaje bajo era de 29 + 31 = 60; por lo tanto, era preferible una cantidad más baja de soya (efecto negativo); y el puntaje elevado del pescado era 30 + 31 = 61 y el puntaje bajo era 29 + 45 = 74; por lo tanto, era preferible una elevada cantidad de pescado (efecto positivo).

Este sencillo análisis indica que no tenía mucha aceptación un exceso del sabor a fríjol o a nuez, resultado de niveles elevados de soya. Sin embargo, se necesitaría una elevada proporción de soya para que el bocadillo tenga un elevado contenido de proteína. Las fórmulas A, B, y C dan puntajes de aceptabilidad similares, lo que indica una interacción entre los sabores a pescado y a soya. El aumentar la proporción de pescado parece compensar el sabor de la soya.

Nueva área de experimentación — se seleccionó la nueva área en el espacio de la mezcla (Fig. C3) para preservar un elevado nivel de soya y para aumentar la proporción de pescado. Las recetas completas de T + S + F = 200 g fueron las siguientes: 100 T + 30 F + 70 S, 110 T + 30 F + 60 S, 100 T + 40 F + 60 S, y 120 T + 20 F + 60 S con cada receta, incluso 143 mL de agua, 3,2 g de MSG, 6,3 g de sal y 1,5 g de fosfato.

Un panel de 17 jueces malasios clasificaron los cuatro productos en orden de preferencia. Los puntajes totales fueron: F = 48, G = 27, H = 32, y I = 33. La mezcla G dio el producto más preferido. Esta mezcla se seleccionó para desarrollo de procesos y experimentaciones adicionales en plantas piloto. La fórmula recalculada fue: 32,0% de harina de tapioca; 8,4% de pescado; 16,9% de harina de soya; 40,3% de agua; 1,0% de MSG, 1,8% de sal; y 0,6% de fosfato. Esta mezcla satisfacía el objetivo de la fórmula experimental. Se empleaba una gran proporción de tapioca, el contenido de proteína era elevado, y resultaba aceptable para el consumidor.

Ejemplo de una investigación de programación lineal

Una compañía pequeña tiene que tomar una decisión sobre la mezcla de ingredientes para una mezcla deshidratada. La composición y costos de los ingredientes aparece en la Tabla C16. El objetivo es la mezcla barata de aquellos ingredientes que permitan cumplir con determinadas normas nutricionales. Las normas se indican como nota al pie de la tabla.

Empleando b, c, y d para representar las proporciones en que están presentes en la mezcla las harinas de fríjol, cereal y raíces. Si se toma una decisión respecto a los valores de dos de éstas (b y c), la tercera queda determinada automáticamente, dado que los tres ingredientes constituyen la mezcla total, por lo que $b + c + d = 1$ ó $d = 1 - b - c$.

El costo de 1 t de la mezcla depende del costo de los ingredientes en las proporciones b, c, y d. Si para referirnos al costo empleamos Q, entonces $Q = 60b + 50c + 40d$ ó $Q = 20b + 10c + 40$, haciendo la substitución correspondiente a d. Lo que hace falta es seleccionar b y c, ambas una fracción positiva, de manera que el costo por tonelada Q sea lo más bajo posible. Sin embargo, la decisión no es del todo libre: se ve limitada primeramente por las normas impuestas (Tabla C16) y, en segundo lugar, porque d no puede ser inferior a 0, por lo que esto se puede expresar de la siguiente manera: $b + c \leq 1$.

Tabla C16. Composición y costo de los ingredientes en una mezcla deshidratada.

Ingredientes (%)	Harina de frijol	Harina de cereal	Harina de raíces
Proteína	50	50	0
Grasa	25	10	0
Carbohidratos	15	0	90
Fibra no digerible y ceniza	10	40	10
Costo ($/t)	60	50	40

Nota: En la mezcla, el contenido de proteína no debe ser inferior al 25%; el de grasa, no inferior al 10%; y el de materia no digerible no debe exceder al 20%.

La siguiente condición se deriva de la especificación del contenido de proteína. La cantidad de proteína en una tonelada de mezcla da 50% de b toneladas de la harina de fríjol, 50% c toneladas de la harina de cereal, y ninguna de la harina de raíces. Esta cantidad total de proteína no debe ser inferior al 25% de una tonelada, por lo tanto, $50b + 50c \geq 25$, o $b + c \geq 1/2$. De manera similar, las especificaciones del contenido de grasa supone $25b + 10c \geq 10$, o $(5/2)b + c \geq 1$. El requisito relativo a la fibra no digerible y ceniza resulta un poco más difícil de expresar en términos de b y c. En términos de b, c, d resulta más fácil: $10b + 40c + 10b \leq 20$. Haciendo la substitución correspondiente a d, obtenemos $30c \leq 10$ o $c \leq 1/3$.

Los ejes del gráfico de la Fig. C4 son escalas para b y c. Por lo tanto, cualquier punto en el gráfico responde a una pareja de valores (b, c). Para algunos puntos estas limitaciones se podrán satisfacer, mientras que no será posible para algunos otros. Las líneas correspondientes a cada limitación ($b + c = 1$, $b + c = 1/2$, $5/2\ b + c = 1$, $c = 1/3$) han sido trazadas en el gráfico.

Cada una de las condiciones indica que los valores aceptables b y c deben corresponder a un punto que se encuentra en la línea apropiada, o a un lado de la misma. Una manera fácil de verificar la uniformidad de las condiciones es, por lo tanto, trazar la línea correspondiente a cada condición a su vez y sombrear aquella parte del gráfico que la condición rechaza. Toda área no sombreada que quede después de realizado esto para cada una de las condiciones contiene los puntos cuyas coordenadas b y c satisfarán todas las condiciones.

En el área ABCDE están comprendidos todos los puntos cuyas coordenadas, b y c, cumplen con todas las condiciones del problema. Esta área recibe el nombre de región de soluciones factibles. Si las condiciones hubieran sido incompatibles, no

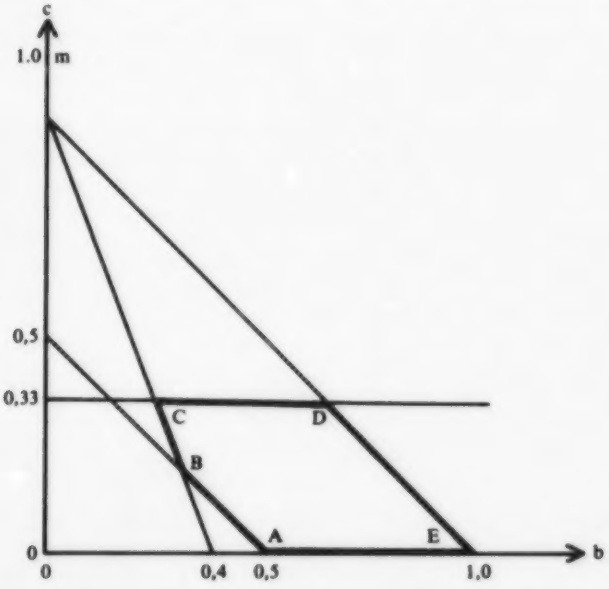


Fig. C4. La región de soluciones factibles para el problema de la mezcla.

habría existido esa región no sombreada. El problema hubiera sido entonces insoluble. Esto habría llevado al fabricante de alimentos a buscar ingredientes adicionales. Sin embargo, el problema sí tiene soluciones factibles y en el área ABCDE existe una amplia gama de selecciones. Es precisamente la gran amplitud de selección la que permite buscar la solución óptima o la mejor solución, que en este caso quiere decir la más barata.

El gráfico de la Fig. C4 representa un proceso muy sencillo para encontrar la mezcla más barata. Como se ha visto, el costo por tonelada de ingredientes mezclados era $Q = 20b + 10c + 40$, que ahora podemos expresar como $c = -2b + Q/10 - 4$. De seleccionarse un costo específico, digamos \$50/t, podemos escribir $Q = 50$ en la ecuación y encontrar $c = -2b + 1$. Esta es la ecuación de una línea recta. Todas las mezclas para las cuales b y c satisfagan esta ecuación están representadas por los puntos a lo largo de esta línea, y todas estas mezclas costarían \$50/t.

Esta línea se indica como AP en la Fig. C5. Repitiendo el proceso para un costo de \$45/t tenemos otra línea, que también aparece en la figura con la ecuación $c = -2b + 0{,}5$. Con cualquier valor para Q se obtendrá una línea similar, y cada línea de este tipo tendrá la misma pendiente, es decir, −2. Estas líneas son los contornos de costo en la Fig. C5. El costo aumenta continuamente a medida que estos contornos se desvían más y más de su punto de origen. La mezcla más barata posible queda dada por los valores b y c para el punto B en la región factible, dado que éste es el primer punto aceptable en que una línea de pendiente −2 llega a tocarlas a medida que ésta se aparta del punto de origen.

Por tanto, en el ejemplo la mezcla óptima es un tercio de harina de fríjol, un sexto de harina de cereales y un 50% de harina de raíces. Su costo es de \$48,3/t.

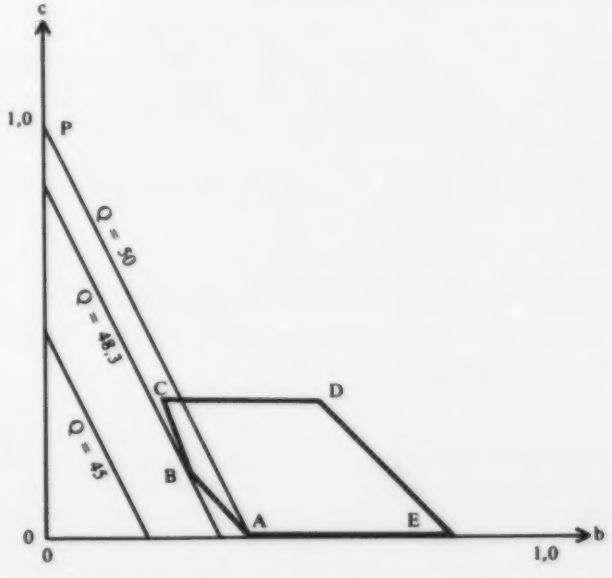


Fig. C5. Contorno de costo y región factible para el problema de mezclado.

Esta forma de problema algebraico resulta ser un modelo simbólico de una variedad muy numerosa de problemas de planificación. El valor óptimo que se desea obtener puede ser un mínimo, como era el caso en nuestro ejemplo, o un máximo, como podría haber sido si el ejemplo hubiera estado basado en los beneficios del fabricante y no en sus costos. La cantidad que debe optimizarse recibe el nombre de función objetiva. Cuando la función objetiva y las limitaciones tienen la forma que adoptan en este ejemplo, se dice que son lineales (en nuestros gráficos aparecían solamente líneas rectas) y se dice que el problema es un problema de programación líneal (LP).

Pudimos obtener la solución empleando un método gráfico dado que solamente había dos variables, b y c. En caso de que hubiera habido que mezclar cuatro ingredientes, habría sido necesario determinar las proporciones de tres de éstos para fijar la del cuarto. En ese caso podría no haber sido posible encontrar una solución gráfica al problema. En su lugar, habría sido necesario encontrar una solución computarizada. Hay programas de computadora sencillos y eficaces para este tipo de análisis. La noción de región factible cruzada por los contornos de la función objetiva todavía se cumple.

Otra aplicación típica la tenemos en la planificación de la producción. Una fábrica en la que se producen 10 diferentes productos alimenticios empleando nueve procesos diferentes en que se utilizan dos materias primas estacionales muy perecederas, requiere dos modelos de planificación lineal para la planificación, uno para seis períodos sucesivos de 1 mes de duración cada uno, y el otro en que se añaden dos períodos tradicionales de 3 meses. Existían limitaciones de producción, niveles máximo y mínimo de existencias, disponibilidad de materia prima y algunas obligaciones contractuales. Fue necesario modificar el objetivo, a saber, lograr el máximo de beneficios, de diferentes maneras. Por lo tanto, los productos que tenían ventas previstas arrojaron un ingreso constante por concepto de ventas, y dado que el costo de materias primas fue el elemento variable principal en la fabricación de los mismos, la minimización de este costo resultó adecuada. Otros productos utilizaban esencialmente materias primas residuales, y sus contribuciones se consideraron como márgenes de ganancia bruta previstos. Se incluyeron los costos de almacenamiento de productos, incluso el alquiler de espacio en los almacenes en caso necesario (p.ej., Jones, W.G. y Rope, R.M. (1964). Linear programming applied to production planning — a case study. ORQ 15, 293–302).

Planificación de la producción de productos estacionales utilizando el método de transporte de programación lineal

El algoritmo de transporte es un caso especial de programación lineal que puede utilizarse, por ejemplo, para reducir al mínimo el costo total de distribución de artículos desde un punto de despacho a los puntos de recepción, siempre y cuando se cumplan las siguientes condiciones: (a) se conoce el número de artículos que se debe despachar desde un punto determinado y recibirse en cada uno de los otros puntos; (b) se conoce el costo del transporte entre los diferentes puntos.

Este método puede ser adaptado también para utilizarlo en problemas de

planificación de la producción estacional. Cada uno de los períodos de tiempo de producción puede ser considerado un destino aparte, y cada uno de los períodos de cosecha para cada producto puede ser considerado una fuente de suministro. El costo del "transporte" se determina combinando el costo de producción pertinente con el costo de almacenamiento correspondiente al número apropiado de períodos de tiempo.

El siguiente ejemplo, basado en el procesamiento de frutas en Jamaica, ha sido simplificado para los propósitos de esta exposición. Una compañía procesa los mangos y naranjas transformándolos en cáscaras confitadas. La capacidad de la planta es de 600 t mensuales. Los mangos se cosechan en mayo y junio: las cantidades previstas se elevan a 1 000 y 1 700 toneladas, respectivamente. Las naranjas se cosechan en septiembre y octubre: las cantidades previstas se elevan a 1 000 y 500 t, respectivamente. Se estima que el costo de procesamiento de los mangos se eleva a $5/t si se procesan dentro de un plazo inferior a los 3 meses posteriores a la cosecha, y de $6/t en el cuarto mes, $7 en el quinto mes y $9 si se procesan después de seis meses o más de ser cosechados. El almacenamiento resulta caro dado que la fruta debe conservarse a temperatura fresca. Se estima que el costo de almacenamiento de los mangos se eleva a $2/t/mes. En el caso de las naranjas, los costos de producción son de $3/t si se las procesa dentro de un plazo de 2 meses después de recogidas, y de $5/t si se las procesa después de pasados 2 meses de recogidas. En el caso de las naranjas, los costos de almacenamiento se elevan a $5/t/mes (Tabla C17).

El primer paso para obtener el mejor plan de producción de costos es obtener una solución factible para lo cual existen muchos métodos y realmente no importa cuál sea el seleccionado. Supongamos que el administrador parta del supuesto que el plan que aparece en la Tabla C18 es el mejor, quizá debido a que se percata que el almacenamiento de las naranjas cuesta más que el de los mangos.

El costo total del plan original, a saber $30 100, se determina sumando los costos de las actividades seleccionadas (recolección en mayo/procesamiento en mayo, recolección en mayo/procesamiento en junio, etc.). Es poco probable que esta solución sea óptima, por lo tanto, el administrador tratará de encontrar una

Tabla C17. Costos de elaboración y almacenamiento de las frutas.

Mes de recolección	Mes de elaboración							Cantidad disponible (en cientos de t)
	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept.	Oct.	Nov.	
Mangos								
Mayo	5	7	9	11	14	17	21	10
Junio	x[a]	5	7	9	11	14	17	17
Naranjas								
Sept.	x	x	x	x	3	8	15	10
Oct.	x	x	x	x	x	3	8	5
Capacidad de procesamiento disponible (en cientos de t)	6	6	6	6	6	6	6	42

[a] Una "x" indica que no es posible procesar la fruta hasta que sea recogida.

Tabla C18. Plan de producción inicial para la elaboración de frutas.

Mes de recolección	Mes de elaboración							Cantidad disponible (en cientos de t)	Costo total (en cientos de $)
	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept.	Oct.	Nov.		
Mangos									
Mayo	6	1					3	10	100
Junio		5	6	6				17	121
Naranjas									
Sept.					6	4		15	50
Oct.						2	3	8	30
Costo total									301

Tabla C19. Posibles ahorros de cada célula no utilizada.

Mes de suministro	Mes de elaboración	Costo derivado	Costo real	Ahorro
Mayo	julio	0 + 9 = 9	9	0
	agosto	0 + 11 = 11	11	0
	septiembre	0 + 11 = 11	14	−3
	octubre	0 + 16 = 16	17	−1
Junio	septiembre	−2 + 11 = 9	11	−2
	octubre	−2 + 16 = 14	14	0
	noviembre	−2 + 21 = 19	17	+2
Septiembre	noviembre	−8 + 21 = 13	15	−2

mejor aplicando el concepto de costos marginales a la oferta y la producción. El costo de suministro sumado al costo de producción da el costo real para cada célula utilizada de la matriz de costos. Comenzando con las células utilizadas que tienen el mayor costo de producción en un mes de procesamiento, se puede establecer la relación con las demás células empleando los costos de suministros marginales. Dado que el costo de suministros en mayo se ha fijado en cero, los otros costos de suministro resultarán números negativos. Por ejemplo, el costo de producción en junio es de siete (establecido en mayo), pero el costo real es de cinco; por lo tanto, el costo de suministro se eleva a −2.

Tomando en cuenta solamente las células usadas, se puede determinar los costos de suministro y de producción para los meses de cosecha y de procesamiento, respectivamente. Estos son, para la cosecha: mayo, 0; junio, −2; septiembre, −8; y octubre, −13; en el caso de la producción: mayo, 5; junio, 7; julio, 9; agosto, 11; septiembre, 11; octubre, 16; y noviembre, 21. A continuación, estos costos se inscriben al hacer las células vacías y se consideran los costos derivados de un patrón particular de actividades de procesamiento. En caso de que varíe el patrón, algunas, si no todas, las relaciones de costo variarán también.

Para optimizar un plan dado, se puede incluir una célula vacía en caso de que el costo derivado sea superior al costo real. En otras palabras, sería una mejora convertir una célula no utilizada en una célula utilizada. En este ejemplo, la

comparación de los costos derivados y reales que se reflejan en la Tabla C19 indican un ahorro si los mangos recogidos en junio se procesan en noviembre.

Por lo tanto, el administrador preferirá procesar en noviembre la mayor cantidad posible de mangos recogidos en junio, dado que con esto se logra un ahorro máximo que se eleva a $2/t. En caso de que el administrador decida hacer esto, se verá en la necesidad de hacer algunos cambios a la solución previa, como se indica en la Tabla C20. El costo del plan revisado es de $29 500 (dado que se ha reducido el costo al transportar 300 t con un ahorro de $2/t).

El administrador no tendrá completa seguridad de que ésta sea la solución óptima, por lo que hará esfuerzos para mejorarla aún más, calculando los costos de suministro y de producción para determinar si cualquiera de las demás células representa un ahorro en los costos (Tabla C21). Dado que todos los ahorros posibles son negativos, el administrador ha obtenido una solución óptima.

Se pueden presentar tres complicaciones cuando se utiliza el algoritmo de transporte:

- Solamente es posible determinar los costos de suministro y de distribución con precisión cuando se utiliza un mínimo de m + n + 1 células (m y n se refieren a las dimensiones de la matriz, es decir, m fuentes de suministro, y n destinos). Cuando se emplea un número inferior de células, podría no obtenerse la solución óptima (es decir, la situación "degenera"), pero las

Tabla C20. Segundo plan de producción posible.

Mes de recolección	Mes de elaboración							Cantidad disponible (en cientos de t)	Costo total (en cientos de $)
	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept.	Oct.	Nov.		
Mangos									
Mayo	6	4						10	58
Junio		2	6	6			3	17	157
Naranjas									
Sept.					6	4		10	50
Oct.						2	3	5	30
Costo total									295

Tabla C21. Costos de suministro y de producción calculados para determinar si cualquier otra célula representa un ahorro de costo.

Células empleadas			Células vacías	
Costos de suministro	Costos de producción	Mes de suministro	Mes de elaboración	Ahorro
Mayo = 0	mayo = 5	mayo	julio	0 + 9 − 9 = 0
Junio = −2	junio = 7		agosto	0 + 11 − 11 = 0
Sept. = −6	julio = 9		septiembre	0 + 9 − 14 = −5
Oct. = −11	agosto = 11		octubre	0 + 14 − 17 = −3
	septiembre = 9		noviembre	0 + 19 − 21 = −2
	octubre = 14	junio	septiembre	−2 + 9 − 11 = −4
	noviembre = 19		octubre	−2 + 14 − 14 = −2
		septiembre	noviembre	−6 + 19 − 13 = 0

dificultades de cómputo no son imposibles de resolver, existiendo métodos para resolver esta situación, a saber, asignando una pequeña cantidad de producción a una célula no utilizada.

- Debe haber un equilibrio exacto entre el suministro y la capacidad. Si el suministro total fuera superior a la capacidad, deberá añadirse una columna de capacidad "ficticia" a la matriz para poder dar cuenta de este suministro excedente. Si la capacidad total fuera superior al suministro total, deberá introducirse una fila ficticia para poder dar cuenta de esta capacidad excedente. En ambos casos, todos los costos ficticios se elevan a cero.
- En caso de que se desee aumentar al máximo los costos (por ejemplo, cuando los "costos" son beneficios) y no reducirlos al mínimo, se tratará de obtener mejoras empleando aquellas células que no se estén utilizando para lo cual se seleccionará las células que permitan el mayor ahorro negativo.

Ejemplo de un problema de inventario

El dueño de una fábrica de fideos de fríjol mungo necesita diariamente 1 t de frijoles para cada lote del proceso. El propietario desea elaborar fideos 360 días al año. Se estima que el costo promedio de los fideos se eleva a 10 000 baht/t. Para cada pedido de frijoles, el dueño de la fábrica se ve en la necesidad de ir hasta la ciudad y traer a su fábrica la cantidad adquirida. Se estima que los costos conexos de cada pedido se elevan a 1 280 baht. En la fábrica hay una espaciosa área de almacenamiento para los frijoles; sin embargo, para adquirir los frijoles el dueño debe contraer préstamos, a un interés del 16%. Incluso en el caso de que el dueño no necesitara pedir dinero prestado, tendría que pagar cada pedido invirtiendo su dinero en materias primas que se van a almacenar, perdiendo así la posibilidad de que su dinero devengue intereses. En la actualidad, el procedimiento de adquisición de mercancías para almacenamiento es muy errático, en algunas ocasiones, el dueño compra 5 t y después 20 t. El dueño desea tener un plan para la compra de frijoles, de manera que no tenga que salir de la fábrica tan a menudo para así

Tabla C22. Evaluación de las posibilidades de almacenamiento de existencias.

No. de pedidos al año (n)	Cantidad del pedido — entregada cada vez (Q)	Costo de cada pedido (nA)	Costo de almacenamiento de las existencias (Q/2IC)[a]	Costo total (X)
1	360	1 280	288 000	289 280
2	180	2 560	144 000	146 560
3	120	3 840	96 000	99 840
4	90	5 120	72 000	77 120
5	72	6 400	57 600	64 000
6	60	7 680	48 000	55 680
10	36	12 800	28 800	41 600
12	30	15 360	24 000	39 360
15	24	19 200	19 200	38 400
20	18	25 600	14 400	40 000
30	12	38 400	9 600	48 000
36	10	46 080	8 000	54 080

[a] Véase la Fig. C6.

reducir sus costos conexos y al mismo tiempo garantizar suficientes existencias en la fábrica.

Existen muchas posibilidades, las que se evalúan en la Tabla C22. Necesidad o demanda total de existencia (D) = 360 t, costo de cada pedido (A) = 1 280 baht, costo de los frijoles (C) = 10 000 baht/t, y la tasa de intereses (I) = 16%. Se da por supuesto que la cantidad promedio de frijoles en existencia en la fábrica será aproximadamente la mitad de la cantidad del pedido, y que la cantidad en existencia se reducirá a cero entre cada período de compra como se indica en la Figura C6.

Como se puede apreciar en la Tabla C22, cuando los pedidos están muy espaciados entre sí, los costos relativos al pedido y a la entrega son bajos pero los costos por concepto de intereses resultan excesivos; por otra parte, haciendo pequeños pedidos frecuentemente se reducen los costos de interés, pero aumentan los demás costos. Evidentemente, se puede llegar a una solución de compromiso con un costo total mínimo. Este costo se obtiene cuando el número de viajes oscila entre 15 y 20. La cifra óptima es de 15 viajes de 24 t cada uno.

Es posible llegar a la misma solución empleando medios gráficos. No siendo lineal, para determinar la cifra óptima se puede aplicar también el cálculo, que es un método mucho más rápido para encontrar la solución. El costo total X tiene que ser reducido al mínimo $X = nA + QIC/2$ ó $DA/Q + QIC/2$. Diferenciando, $dx/dQ = -DA/Q^2 + IC/2$. En el punto óptimo, $dx/dQ = 0$. Por lo tanto, $DA/Q^2 = IC/2$, es decir, $Q^2 = 2DA/IC$, lo que equivale a $Q = \sqrt{(2DA/IC)}$, o, en este caso específico $= \sqrt{(2 \times 360 \times 1280 \times 100/16 \times 10\,000)} = 24$. En este caso Q, la orden de cantidad en cada viaje es de 24 t, es decir, son necesarios 15 viajes.

Aunque éste es el número mínimo, podría no resultar práctico debido a limitaciones de diversos tipos en la fábrica, por ejemplo, el camión podría tener una capacidad máxima de 20 t. Es necesario tomar en cuenta todos estos factores. Con respecto al número mínimo, el aumento en los costos sería relativamente reducido, por lo que, por ejemplo, podría resultar que en el caso específico que nos ocupa, es decir la solución más adecuada para la fábrica, el número óptimo sería de 18 viajes de 20 t cada uno. (Se da otro ejemplo en la publicación IDRC-MR56e, pp. 107–109.)

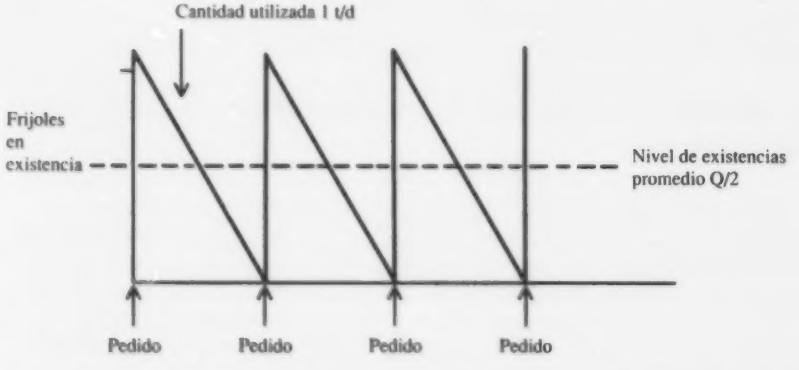


Fig. C6. Nivel estimado de las existencias durante un período de tiempo.

Tabla C23. Cuentas de las mercancías en proceso correspondientes al término del período de costo del mes de abril.

Fecha	Explicación	Debe	Haber	Saldo
Mercancías en proceso (actividad de molienda)				
Abril 1	Inventario inicial			4 250
30	Materiales	9 900		14 150
30	Mano de obra	5 700		19 850
30	Gastos generales	4 275		24 125
Mercancías en proceso (actividad de mezclado)				
Abril 1	Inventario inicial			3 785
30	Materiales	2 040		5 825
30	Mano de obra	3 570		9 395
30	Gastos generales	1 020		10 415

Tabla C24. Inventarios y mercancías comenzadas y terminadas en cada actividad durante el mes.

	Molienda	Mezclado
Unidades en los inventarios iniciales de mercancías en proceso	30 000	16 000
Etapa de terminación al 1° de abril de los inventarios iniciales de las mercancías en proceso	1/3	1/4
Unidades comenzadas en proceso y terminadas durante el período	70 000	85 000
Total de las unidades terminadas y transferidas al siguiente departamento o a las mercancías terminadas	100 000	101 000
Unidades en los inventarios finales de mercancías en proceso	20 000	15 000
Etapa de terminación de los inventarios finales de las mercancías en proceso	1/4	1/3

Molienda en un proceso de dos actividades — aspectos económicos

En este ejemplo, el material A se muele fino durante la actividad de molienda, después de la cual pasa a la actividad de mezcla en la que se añade los materiales B y C mezclándose lo mejor posible. Al término del proceso de mezclado se obtiene el producto terminado final, que pasa a continuación a la sección de productos terminados donde se lo almacena hasta la venta. En este ejemplo, se da por supuesto que: (a) todo el material A que entra al proceso de molienda se introduce en el momento en que comienza la molienda; (b) todos los materiales B y C que entran al proceso de mezclado se van añadiendo paulatinamente durante este

Tabla C25. Resumen de costos de proceso (actividad de molienda) para el mes que termina el 30 de abril.

Costos correspondientes a la actividad

Materiales solicitados	$ 9 900
Gastos de mano de obra	5 700
Gastos generales	4 275
	19 875
Mercancías en proceso al comienzo del mes	4 250
Costos totales a tomar en cuenta	24 125

Costos unitarios equivalentes de elaboración

	Unidades	Fracción de unidad añadida	Unidades equivalentes añadidas
Material			
Inventario inicial	30 000	0	0
Unidades comenzadas y terminadas	70 000	una	70 000
Inventario final	20 000	una	20 000
			90 000
Costo unitario equivalentes de elaboración correspondiente al material: $9 900 ÷ 90 000 = $0,11			
Mano de obra y gastos generales			
Inventario inicial	30 000	2/3	20 000
Unidades comenzadas y terminadas	70 000	una	70 000
Inventario final	20 000	1/4	5 000
			95 000
Costo unitario equivalente de elaboración correspondiente a la mano de obra: $5 700 ÷ 95 000 = $0,06			
Costo unitario equivalente de elaboración correspondiente a los gastos generales: $4 275 ÷ 95 000 = $0,045			

Costos aplicables a la labor de la actividad

Mercancías en proceso, elaboradas en una tercera parte a comienzos de abril	
Costos correspondientes al inventario inicial de mercancías en proceso durante el mes anterior	4 250
Materiales añadidos (todos durante el mes de marzo)	0
Mano de obra aplicada (20 000 × $0,06)	1 200
Gastos generales aplicados (20 000 × $0,045)	900
Costo de elaboración	6 350
Mercancías comenzadas y terminadas en la actividad durante el mes de abril	
Materiales añadidos (70 000 × $0,11)	7 700
Mano de obra aplicada (70 000 × $0,06)	4 200
Gastos generales aplicados (70 000 × $0,045)	3 150
Costo de elaboración	15 050

Tabla C25 fin.

Total de las mercancías procesadas en la actividad y transferidas a la actividad de mezclado (100 000 unidades a razón de $0,214 cada una)	21 400
Mercancías en proceso, elaboradas en una cuarta parte a fines de abril	
Materiales añadidos (20 000 × $0,11)	2 200
Mano de obra aplicada (5 000 × $0,06)	300
Gastos generales aplicados (5 000 × $0,045)	225
Costo de una cuarta parte de la elaboración	2 725
Costos totales tomados en cuenta	24 125

proceso, es decir, se da por supuesto que cuando se ha procesado una tercera parte del producto se ha añadido una tercera parte de los materiales B y C, y que cuando se ha procesado tres cuartas partes del producto se ha añadido tres cuartas partes de dichos materiales; y (c) los costos de mano de obra y los costos generales correspondientes a cada proceso se van agregando paulatinamente a lo largo de todo el proceso.

Al término del período de costos correspondientes al mes de abril, después de hacer las partidas registrando los materiales, mano de obra, y gastos generales, el estado de las dos "cuentas de mercancías en proceso" era el que se indica en la Tabla C23.

El 30 de abril, en los informes de producción preparados por el economista aparecía la información que se refleja en la Tabla C24 con respecto a los inventarios y mercancías comenzadas y terminadas para cada actividad durante el mes.

Después de recibir los informes de producción, el economista prepara para la molienda un resumen del costo de proceso que se refleja en la Tabla C25. El resumen de costo del proceso es un tipo de informe muy empleado en las fábricas de elaboración, preparándose informes para cada una de las actividades de elaboración, en los que se refleja: (a) los costos correspondientes a la actividad; (b) los costos de elaboración unitarios equivalentes de la actividad, y (c) los inventarios de mercancías en proceso correspondientes a esta actividad, así como las mercancías comenzadas y terminadas.

Como se puede apreciar en la Tabla C25, el resumen de costo del proceso tiene tres secciones. En la primera se resumen los costos correspondientes a la actividad. La información para esta sección se extrae de la cuenta de mercancías en proceso correspondiente a la actividad. Compárese la primera sección de la Tabla C25 con la cuenta de mercancías en proceso correspondientes a la actividad de molienda, indicada en la Tabla C24.

En la segunda sección del resumen de costo del proceso aparece el cálculo de los costos unitarios equivalentes. En esta sección se recoge información relativa a las unidades empleadas y a las unidades fraccionarias aplicables a los inventarios, la que proviene del informe de producción. La información relativa a materiales, mano de obra, y gastos generales se deriva de la primera sección del resumen.

En la segunda sección de la Tabla C25, se hacen dos cálculos separados de

unidades equivalentes. Son necesarios dos cálculos dado que el material que se añade al producto y el costo de mano de obra y los gastos generales no se van agregando en las mismas proporciones y en las mismas etapas durante el procedimiento de elaboración de esta actividad específica. Como ya se explicó, todo el material se introduce al comienzo de esta actividad, y los costos de mano de obra y gastos generales se van agregando uniformemente a lo largo del proceso. Por lo tanto, el número de unidades equivalentes de material añadido no coincide con el número de unidades equivalentes de mano de obra y gastos generales añadidos.

En la segunda sección de la Tabla C25, en el cálculo de las unidades equivalentes terminadas correspondientes a materiales, al inventario inicial no se le asigna materiales. En la actividad de molienda, todo el material en proceso entra al comienzo de esta fase. Una tercera parte de las 30 000 unidades del inventario inicial estaban completadas al comienzo del mes de abril. Por lo tanto, estas unidades habían recibido todo el material durante el mes de marzo, cuando se había iniciado su elaboración, no correspondiéndole nada del costo de los materiales empleados en esta actividad durante el mes de abril, que se elevan a $9 900.

Para el cálculo de las unidades equivalentes terminadas correspondientes a mano de obra y gastos generales, a cada una de las unidades del inventario inicial, una tercera parte de las cuales estaban terminadas al comienzo del período, se le asigna dos tercios de una unidad de mano de obra y gastos generales. Dado que el primero de abril ya se había terminado una tercera parte de la elaboración de estas unidades, las mismas recibieron las dos terceras partes restantes durante el período de costos del mes de abril.

En la tercera sección del resumen de costos del proceso se indica la manera en que los costos de materiales, mano de obra y gastos generales correspondientes a una actividad se asignan a los inventarios y mercancías comenzadas y terminadas. Por ejemplo, en la Tabla C25 se puede apreciar cómo se fijan los costos al inventario inicial de mercancías en proceso. La primera partida, por un monto de $4 250, corresponde a los costos de inventario inicial. Esta cantidad representa los costos de materiales, mano de obra y gastos generales necesarios para completar en una tercera parte el inventario durante el mes de marzo, es decir, durante el período de análisis de costos anterior. Por lo general, la segunda partida del inventario inicial corresponde al material adicional que se le ha asignado. Sin embargo, la segunda partida de un inventario inicial corresponde al material adicional que se le ha asignado. A pesar de esto, en la actividad de molienda, no se consigna ningún costo adicional por concepto de materiales durante el mes de abril al inventario inicial, dado que estas unidades recibieron todo el material cuando se inició su elaboración durante el mes anterior. La segunda partida aplicable al inventario inicial corresponde a la mano de obra. La parte de los costos de mano de obra aplicables, que se eleva a $1 200, se calcula multiplicando el número de unidades equivalentes terminadas de mano de obra empleadas para finalizar el inventario inicial por el costo de una unidad terminada equivalente de mano de obra (20 000 unidades equivalentes terminadas de mano de obra a razón de $0,06 cada una). La tercera partida del inventario inicial corresponde a los gastos generales. La parte aplicable, que se eleva a $900, se determina multiplicando las unidades equivalentes terminadas de gastos generales empleadas para completar el inventario inicial por el costo de una unidad equivalente terminada de gastos generales (20 000 × $0,045). Una vez que se han consignado los costos para el

Tabla C26. Efecto de la transferencia del costo de 100 000 unidades de productos a la actividad de mezclado.

Fecha	Explicación	Debe	Haber	Saldo
Mercancías en proceso (actividad de molienda)				
Abril 1	Inventario inicial			4 250
30	Materiales	9 900		14 150
30	Mano de obra	5 700		19 850
30	Gastos generales	4 275		24 125
30	Unidades a la actividad de mezclado		21 400	2 725
Mercancías en proceso (actividad de mezclado)				
Abril 1	Inventario inicial			3 785
30	Materiales	2 040		5 825
30	Mano de obra	3 570		9 395
30	Gastos generales	1 020		10 415
30	Unidades provenientes de la actividad de mezclado	21 400		31 815

inventario inicial, se repiten los procedimientos utilizados para determinar estos costos con el fin de consignar los costos correspondientes a las mercancías comenzadas y terminadas y al inventario final.

En la segunda sección del resumen de costo de la elaboración de la actividad de molienda, el costo unitario equivalente terminado correspondiente al material es de $0,11, $0,06 en lo que respecta a la mano de obra, y de $0,215 para los gastos generales. Sin embargo, en la tercera sección del resumen se indica que el costo unitario para las 100 000 unidades terminadas y transferidas es de $0,214. El costo de las unidades terminadas y transferidas es de $0,214, cifra inferior a $0,215; esto obedece a que los costos unitarios son inferiores en la actividad durante el mes anterior y a que las 30 000 unidades iniciales fueron en una tercera parte elaboradas durante el mes anterior, cuando los costos fueron inferiores.

Una vez terminado el resumen de los costos de la actividad de molienda, el economista prepara el siguiente asiento para transferir desde la cuenta de mercancías en proceso correspondiente a la actividad de molienda a la cuenta de mercancías en proceso correspondiente a la actividad de mezclado el costo de las 100 000 unidades procesadas en la actividad y transferidas a la actividad de mezclado durante el mes de abril. La información para este asiento, en lo que respecta al costo de la transferencia de las unidades, proviene de la tercera sección del resumen de costos del proceso, indicada en la Tabla C25.

Con el asiento del 30 de abril, las mercancías en proceso (actividad de mezclado) por valor de $21 400 y las mercancías en proceso (actividad de molienda) por valor de $21 400, con el fin de transferir del costo de las 100 000 unidades de productos transferidas a la actividad de mezclado, incidió sobre las cuentas como se indican en la Tabla C26. Esto tiene como resultado la transferencia y el adelanto de costos de una actividad a otra, de la misma manera que el producto se transfiere y adelanta durante el procedimiento de fabricación.

Una vez que se ha dado entrada al asiento para transferir a la actividad de mezclado los costos de elaboración durante la actividad de molienda de las 100 000

Tabla C27. Resumen del costo de proceso (actividad de mezclado) para el mes que termina el 30 de abril.

Costos correspondientes a la actividad

Materiales solicitados	$ 2 040
Costo de la mano de obra	3 570
Gastos generales	1 020
Total de los costos de elaboración	6 630
Mercancías en proceso al comienzo del mes	3 785
Costos transferidos desde la actividad de molienda (100 000 unidades a razón de $0,214 cada una)	21 400
Costos totales a tomar en cuenta	31 815

Costos unitarios equivalentes de elaboración

	Unidades	Fracción de unidad añadida	Unidades equivalentes añadidas
Materiales, mano de obra y gastos generales			
Inventario inicial	16 000	3/4	12 000
Unidades comenzadas y terminadas	85 000	una	85 000
Inventario final	15 000	1/3	5 000
			102 000

Costo unitario equivalente de elaboración para los materiales:
$2 040 ÷ 102 000 = $0,02

Costo unitario equivalente de elaboración para la mano de obra:
$3 570 ÷ 102 000 = $0,035

Costo unitario equivalente de elaboración para los gastos generales:
$1 020 ÷ 102 000 = $0,01

Costos aplicables a la labor de la actividad

Mercancías en proceso, terminadas en una cuarta parte a comienzos de abril	
Costos correspondientes al inventario inicial de mercancías en proceso durante el mes anterior	3 785
Materiales añadidos (12 000 × $0,02)	240
Mano de obra aplicada (12 000 × $0,035)	420
Gastos generales aplicados (12 000 × $0,01)	120
Costo de elaboración	4 565
Mercancías comenzadas y terminadas en la actividad durante el mes de abril	
Costos de la actividad de molienda (85 000 × $0,214)	18 190
Materiales añadidos (85 000 × $0,02)	1 700
Mano de obra aplicada (85 000 × $0,035)	2 975
Gastos generales aplicados (85 000 × $0,01)	850
Costos de elaboración	23 715
Costo total acumulado de las mercancías transferidas a las mercancías terminadas (101 000 unidades a razón de $0,28)	28 280

Tabla C27 fin.

Mercancías en proceso, elaboradas en una tercera parte hasta fines de abril	
Costos de la actividad de molienda (15 000 × $0,214)	3 210
Materiales añadidos (5 000 × $0,02)	100
Mano de obra aplicada (5 000 × $0,035)	175
Gastos generales aplicados (5 000 × $0,01)	50
Costos de una tercera parte de la elaboración	3 535
Costos totales tomados en cuenta	31 815

unidades transferidas, el economista prepara un resumen de costos del proceso para la actividad de mezclado. La información necesaria para la preparación del mismo se obtiene de la cuenta de mercancías en proceso correspondientes a la actividad de mezclado y también del informe de producción. El informe se refleja en la Tabla C27.

Dos aspectos de la Tabla C27 requieren especial atención. El primero es el cálculo de las unidades equivalentes terminadas. Dado que el costo de los materiales, mano de obra y gastos generales de la actividad de mezclado se van añadiendo paulatinamente al producto a todo lo largo de esta actividad, únicamente es necesario calcular una sola unidad equivalente, a diferencia de la actividad de molienda, para la cual es necesario calcular dos unidades equivalentes. Es necesario hacer dos cálculos dado que los costos de material y de mano de obra y gastos generales no entran en el proceso en las mismas etapas del procedimiento de elaboración.

El segundo aspecto que requiere especial atención en el resumen de costos correspondiente a la actividad de mezclado es la manera en que se realizan los costos de la actividad de molienda transferidos a esta actividad. Durante el mes de abril, se transfirieron a la actividad de mezclado 100 000 unidades de producto, elevándose a $21 400 los costos acumulados correspondientes a la actividad de molienda. De estas 100 000, 85 000 ya estaban terminadas; las restantes 15 000 todavía estaban en proceso en esta actividad al término del período de análisis de costos.

En la primera sección de la Tabla C27, se añade a los otros costos correspondientes a la actividad, los $21 400 que representan los costos de la actividad de molienda transferidos a la actividad de mezclado. El lector puede comparar la información que aparece en esta primera sección con la cuenta de mercancías en proceso correspondiente a la actividad de mezclado, que se refleja en la Tabla C25.

En la tercera sección del resumen de costos del proceso correspondiente al mezclado se prorratean los costos de molienda, que se elevan a $21 400, entre las 85 000 unidades comenzadas y terminadas y las 15 000 unidades todavía en proceso de elaboración. A las 16 000 unidades de mercancía en proceso al comienzo del período no se les carga nada de esta cifra de $21 400 dado que las mismas fueron transferidas desde la molienda durante el mes anterior. Los costos de molienda de las mismas están incluidos en los costos del inventario inicial, que se elevan a $3 785.

En la tercera sección del resumen de costos del proceso correspondiente a la

Tabla C28. Efectos de la transferencia del costo acumulado de 101 000 unidades de producto desde la cuenta de mercancías en proceso correspondiente a la actividad de mezclado a la cuenta de productos terminados.

Fecha	Explicación	Debe	Haber	Saldo
Mercancías en proceso (actividad de mezclado)				
Abril 1	Inventario inicial			3 785
30	Materiales	2 040		5 825
30	Mano de obra	3 570		9 395
30	Gastos generales	1 020		10 415
30	Unidades provenientes de la actividad de molienda	21 400		31 815
30	Unidades que pasan a la cuenta de mercancías terminadas		28 280	3 535
Mercancías terminadas				
Abril 30	Unidades provenientes de la actividad de mezclado	28 280		28 280

actividad de mezclado se indica que durante el mes de abril se terminaron 101 000 unidades de producto, con un costo acumulado que se eleva a $28 280, y fueron transferidas a las mercancías terminadas. El economista utilizó el siguiente asiento para transferir el costo acumulado de estas 101 000 unidades de la cuenta de mercancías en proceso correspondiente a la actividad de mezclado a la cuenta de mercancías terminadas: el 30 de abril las mercancias terminadas tenían un débito de $28 280 y las mercancías en proceso (actividad de mezclado) un crédito por igual valor. Este asiento dio por resultado el estado de cuentas que se refleja en la Tabla C28.

Variación del costo para la determinación de costos normales

De existir variaciones, éstas deben aislarse y estudiarse para tomar posibles medidas remediales y para determinar las responsabilidades. Por ejemplo, supongamos que la compañía X ha establecido los siguientes costos unitarios normales para su producto Z: materiales (1 lb/unidad a $1/lb) $1; mano de obra directa (1 hora/unidad a razón de $3/hora) $3; y gastos generales ($2/hora de mano de obra directa) $2, para un costo total normal/unidad de $6.

Como ejemplo de "variaciones en los materiales" supongamos que durante el mes de mayo la compañía X terminó 3 500 unidades de producto Z, empleando 3 600 lb de material a razón de $1,05/lb, para un total de $3 780. En este ejemplo, el costo real de los materiales y el costo estándar para las 3 500 unidades son: costo real = 3 600 lb a razón de $1,05/lb = $3 780; costo estándar = 3 500 lb a $1/lb = $3 500, por lo que el costo real es $280 superior al costo estándar. El costo real de los cereales para estas unidades es superior en $280 al costo estándar de los mismos. Para determinar las causas de este mayor costo se puede proceder de la siguiente manera: variación de la cantidad — unidades reales al precio estándar: 3 600 lb a razón de $1/lb = $3 600 unidades estándar a precio normal: 3 500 lb a razón de $1/lb = $3 500, lo que da una variación (desfavorable) de 100 lb a razón

de $1/lb = $100, y una variación de los precios — unidades reales al precio real: 3 600 lb a razón de $1,05 lb = $3 780 y unidades reales a precio normal: 3 600 lb a razón de $1/lb = $3 600 para una variación (desfavorable) 3 600 lb a razón de $0,05/lb = $180, como resultado de esto, el costo excesivo de los materiales debido a la variación de la cantidad ($100) + a variación de los precios ($180) = $280.

Del análisis anterior se desprende que parte del costo excesivo de los materiales ($100) obedece a que se utilizaron 100 lb más de lo normal, y los restantes $180 se deben a que el precio unitario era de $0,05 superior al normal. Provisto de esta información, el administrador puede pedir explicaciones a los individuos responsables.

En lo que respecta a las "variaciones de la mano de obra", se debe señalar que el costo de la mano de obra del proceso de elaboración es el producto del número de horas trabajadas (cantidad) y de la tarifa horaria pagada a los obreros (precios). Por lo tanto, cuando el costo de la mano de obra para faena terminada se desvía de la norma, la variación se puede analizar también en términos de variación de la cantidad y variación del precio. La norma establecida para las 3 500 unidades de producto Z en lo que respecta a mano de obra directa es de $1 hora/unidad, o sea 3 500 horas a razón de $3/hora. Si para terminar las unidades se hubieran empleado 3 400 horas a razón de $3,10/hora el costo real de la mano de obra y el costo normal de la misma para estas unidades serían: costo real: 3 400 horas a razón de $3,10/hora = $10 540, y costo normal: 3 500 horas a razón de $3,00/hora = $10 500, por lo que el costo real resulta $40 superior al costo normal.

En este caso, el costo real es solamente $40 superior al normal, pero el análisis de las variaciones respectivas revela lo siguiente: variación de la cantidad — horas normales a precio normal: 3 500 horas a razón de $3/hora = $10 500, y horas reales al precio normal: 3 400 horas a razón de $3/hora = $10 200 para una variación (favorable) de 100 horas a razón de $3/hora = $300 y variación en los precios — horas reales al precio real: 3 400 horas a razón de $3/hora = $10 540, y horas reales al precio normal: 3 400 horas a razón de $3/hora = $10 200 para una variación (desfavorable) de 3 400 horas a razón de $0,10/hora = $340; por lo tanto, se ve que el costo excesivo de la mano de obra, al deducirse de la variación en los precios ($340) y la variación en la cantidad ($300), se eleva a $40.

El análisis anterior indica que la variación en la cantidad resultaba favorable en unos $300, lo que obedece a que se utilizaban 100 horas menos de mano de obra directa que lo previsto en la norma para la producción de dichas unidades. Sin embargo, esta variación favorable se vería contrarrestada por el hecho que la tarifa horaria era $0,10 superior a la normal.

Cuando una fábrica cuenta con obreros de diferentes niveles de especialización, es responsabilidad del capataz o del supervisor asignar a cada faena aquellos obreros que no tengan una capacidad superior a la que requiere el trabajo que vayan a realizar. En este caso, una investigación podría revelar que para producir las 3 500 unidades de producto Z se emplearon obreros con un nivel de especialización superior a lo que requería la tarea; por lo tanto, el número de horas de mano de obra fue inferior a la norma. Sin embargo, debido al mayor grado de especialización de los obreros, la tarifa horaria pagada es superior a la prevista en la norma.

Cuando se emplean los costos normales, los gastos generales de la fábrica se cargan a la producción empleando una tarifa predeterminada de gastos generales

Tabla C29. Compañía X: presupuesto flexible para los gastos generales para el mes que termina el 31 de mayo.

	Niveles de producción (%)			
	70	80	90	100
Producción (unidades)	3 500	4 400	4 500	5 000
Horas normales de mano de obra directa	3 500	4 000	4 000	5 000
Gastos generales de la fábrica previstos en el presupuesto				
Costos fijos				
Alquiler del edificio	$ 1 000	1 000	1 000	1 000
Depreciación de la maquinaria	1 200	1 200	1 200	1 200
Salarios de los supervisores	1 800	1 800	1 800	1 800
Totales	$ 4 000	4 000	4 000	4 000
Costos variables				
Mano de obra indirecta	$ 1 400	1 600	1 800	2 000
Costos indirectos de materiales	1 050	1 200	1 350	1 500
Energía y alumbrado	700	800	900	1 000
Mantenimiento	350	400	450	500
Totales	$ 3 500	4 000	4 500	5 000
Total de gastos generales	$ 7 500	8 000	8 500	9 000

normales. Esta tarifa puede estar basada en la relación existente entre los gastos generales y el costo normal de la mano de obra, las horas de mano de obra establecidas en la norma, las máquina-horas normales, o en cualquier otra medida de la producción. Por ejemplo, la compañía X ha establecido que para su producto Z a cada hora de mano de obra directa normal le corresponden $2 de gastos generales; dado que la mano de obra normal para el producto Z es de 1 hora/unidad, la suma cargada en cuenta por concepto de gastos generales para las 3 500 unidades fabricadas en mayo se eleva a $7 000.

En la producción de estas unidades se utilizó solamente 3 400 horas de mano de obra directa real; los gastos generales se cargan a las unidades no sobre la base de las horas reales de mano de obra sino sobre la base de las horas normales de mano de obra. Se utiliza el número normal de horas de mano de obra dado que el monto de los gastos generales que se carga a estas unidades no debe ser inferior a la norma solamente porque se haya utilizado en su producción un número de horas de mano de obra inferior al estándar (normal). En otras palabras, los gastos generales no se desviarán de lo normal solamente porque el número de horas de mano de obra sea diferente de lo previsto en la norma.

Para establecer normas razonables respecto de los gastos generales, es necesario comenzar con un presupuesto flexible de los gastos generales de la fábrica. La necesidad de contar con un presupuesto flexible obedece a que el nivel real de producción puede ser diferente del nivel previsto; cuando esto ocurre, algunos costos varían con la producción, pero otros no se ven alterados. El lector puede comprender mejor este punto remitiéndose al presupuesto flexible de la compañía X que aparece en la Tabla C29.

Como se puede apreciar en la Tabla C29, la compañía X ha establecido costos

normales para cinco niveles de producción, que van de 60% al 100% de su capacidad. El establecimiento de estos valores obedece al hecho de que cuando se conocen los costos reales, éstos deben compararse con las normas correspondientes al nivel realmente alcanzado y no con las normas correspondientes a otro nivel "apetecidos". Por ejemplo, si durante el mes de mayo la fábrica funcionó al 80% de su capacidad, los costos reales incurridos con este nivel del 80% deben compararse con los costos normales para este nivel, y no con los costos establecidos para niveles del 90% o del 100%.

Para fijar las normas de los gastos generales, una vez preparado el presupuesto flexible de gastos generales, la administración debe determinar el nivel de funcionamiento estándar (normal) para la fábrica. El mismo podría ser el 100% de la capacidad; sin embargo, esto ocurre en muy pocas ocasiones debido a los errores de programación, averías, las dificultades para vender todos los productos elaborados, factores todos que reducen el nivel de funcionamiento por debajo de la capacidad total.

Una vez que se ha fijado el presupuesto flexible y que se ha determinado el nivel de funcionamiento estándar (normal) se relacionan los gastos generales en el nivel de funcionamiento estándar con otro factor como, por ejemplo, el número de horas de mano de obra para este nivel, con el fin de establecer la tarifa normal de gastos generales. La tarifa así determinada se utiliza posteriormente a la hora de cargar los gastos generales a la producción. Por ejemplo, supongamos que la compañía X ha decidido que el nivel de funcionamiento estándar (normal) para su fábrica corresponde al 80% de la capacidad. La compañía ha calculado que la tarifa de los gastos generales con relación a las horas de mano de obra directa debe ser de $2; este resultado se obtuvo dividiendo los $8 000 previstos en el presupuesto para los gastos generales a un nivel del 80% entre las 4 000 horas normales de mano de obra directa necesarias para elaborar el producto fabricado a este nivel.

Como ya se ha explicado, cuando se utilizan los costos normales, los gastos generales se aplican a la producción sobre la base de una tarifa predeterminada. Más tarde, al término de un período de análisis de costos, se analiza la diferencia que puede existir entre los gastos generales cargados a la cuenta y los gastos generales en que se ha incurrido realmente, calculándose las variaciones para determinar los factores responsables de toda diferencia.

Las variaciones en los gastos generales se computan de diferentes maneras. Uno de los métodos empleados con mayor frecuencia es dividir la diferencia que pueda existir entre los gastos generales cargados a la cuenta y los gastos generales en que se ha incurrido realmente en dos categorías: (a) variaciones en el volumen, y (b) variaciones controlables.

Las "variaciones en el volumen" representan la diferencia entre (a) la cantidad de gastos generales previstos en el presupuesto para el nivel de funcionamiento real obtenido durante el período y (b) la cantidad estándar de gastos generales cargados a la producción durante dicho período. Por ejemplo, supongamos que durante el mes de mayo la compañía X funcionó realmente a un 70% de su capacidad, produciendo 3 500 unidades del producto Z, cargándose los gastos generales atendiendo a la tarifa normal prevista para los mismos. En este ejemplo, la variación en el volumen sufrida por esta compañía durante el mes de mayo es: variación en el volumen — gastos generales previstos en el presupuesto al 70% de la capacidad: $7 500 y gastos generales normales cargados a la producción (3 500

horas normales de mano de obra a razón de $2/hora): $7 000, lo que arroja una variación (desfavorable) de $500.

Para comprender por qué ocurrió esta variación en el volumen, es necesario volver a examinar el presupuesto flexible que aparece en la Tabla C29, donde se puede apreciar que a un nivel del 80%, la tarifa de $2/hora prevista para los gastos generales puede subdividirse en $1/hora para los gastos generales fijos y $1/hora para los gastos generales variables. Además, al nivel del 80% (normal), la cifra de $1 correspondiente a los gastos generales fijos coincide exactamente con los gastos generales fijos. Sin embargo, cuando se utiliza esta tarifa $2 a un nivel del 70%, y se procede a su subdivisión, se observa que el $1 correspondiente a los gastos generales fijos ya no cubren todos los gastos generales fijos, dado que la cifra de gastos generales fijos se eleva a $4 000 y que multiplicando 3 500 horas por $1/hora se obtiene solamente una cifra de $3 500. En otras palabras, al nivel del 70%, la tarifa normal de $2/hora prevista para los gastos generales no permite cubrir todos los gastos generales en que realmente se ha incurrido, observándose una diferencia negativa de $500, cifra que corresponde a la variación en el volumen. Dicho de otra manera, la variación en el volumen fue simplemente el resultado de que la fábrica no logró alcanzar el nivel de funcionamiento estándar (normal).

Toda variación desfavorable en el volumen le indica a la administración que la fábrica no alcanzó el nivel de funcionamiento normal; siempre que se observe una variación importante será necesario proceder a una investigación para determinar la(s) causa(s). Las causas más frecuentes son las averías de máquinas, planificación incorrecta del flujo de producción y un volumen bajo de ventas. Para corregir las dos primeras causas mencionadas se pueden tomar medidas en la fábrica; sin embargo, el tercero de estos factores exige aumentar el volumen de ventas o reducir el nivel de funcionamiento que se considera normal.

La "variación controlable" es la diferencia existente entre (a) los gastos generales realmente incurridos y (b) los gastos generales previstos en el presupuesto para el nivel de funcionamiento alcanzado. Por ejemplo, en caso de que los gastos generales incurridos por la compañía X durante el mes de mayo se hayan elevado a $7 650, y debido a que esta fábrica estaba funcionando al 70% de su capacidad durante dicho mes, la variación controlable de los gastos generales de la compañía para el mes de mayo será: variación controlable — gastos generales realmente incurridos: $7 650 y gastos generales previstos en el presupuesto para el nivel de funcionamiento alcanzado: $7 500, lo que arroja una variación (desfavorable) de $150.

La variación controlable de los gastos generales es un índice de la eficiencia alcanzada por la administración para ajustar los gastos generales controlables (por lo general, los gastos generales variables) con respecto al nivel de funcionamiento alcanzado. En este ejemplo, la administración no pudo reducir los gastos generales a lo previsto en el presupuesto para el nivel del 70%, observándose una diferencia de $150.

Aunque la variación controlable de los gastos generales es un índice de la eficiencia alcanzada por la administración para ajustar los gastos generales al nivel de funcionamiento alcanzado, el informe de variación de los gastos generales es un medio más eficaz para detectar en qué punto(s) la administración no pudo lograr lo

Tabla C30. Compañía X: informe de variaciones de los gastos generales de la compañía para el mes que termina el 31 de mayo.

Variación en el volumen

Nivel de producción normal	80% de la capacidad
Nivel de producción alcanzado	70% de la capacidad
Variación en el volumen	$500 (desfavorable)

Variación controlable	Presupuesto	Real	Favorable	Desfavorable
Gastos generales fijos				
Alquiler del edificio	1 000	1 000		
Depreciación de la maquinaria	1 200	1 200		
Salarios de los supervisores	1 800	1 800		
Total de los gastos fijos	4 000	4 000		
Gastos generales variables				
Gastos indirectos	1 400	1 525		$125
Gastos indirectos de material	1 050	1 025	$25	
Energía y alumbrado	700	750		50
Mantenimiento	350	350		
Total de los gastos variables	3 500	3 650		
Total de las variaciones controlables			25	175
Variación controlable neta (desfavorable)			150	
Total			175	175

previsto en el presupuesto. En la Tabla C30 aparece un ejemplo de este tipo de informe para la compañía X.

La variación en el volumen y la variación controlable pueden combinarse a la hora de determinar la diferencia entre los gastos generales en que realmente se incurrió y la cifra de gastos generales cargada a la producción. Por ejemplo, durante el mes de mayo los gastos generales en que incurrió la compañía X se elevaron a $7 650, habiéndose cargado a la producción solamente $7 000. Para determinar la causa de la diferencia, las variaciones en los gastos generales de esta compañía pueden combinarse de la siguiente manera: variación en el volumen — gastos generales previstos en el presupuesto para el nivel de producción alcanzado: $7 500, gastos generales normales cargados a la producción (3 500 horas normales a razón de $2/hora); $7 000 para una variación (desfavorable) de $500; para la variación controlable tenemos: gastos generales realmente incurridos: $7 650, y gastos generales previstos en el presupuesto para el nivel de funcionamiento alcanzado: $7 500, para una variación (desfavorable) de $150; por lo tanto, los gastos generales en que se ha incurrido realmente fueron $650 más elevados que los gastos generales cargados a la producción.

El empleo de cifras normales para los costos permite la aplicación de una técnica de control que recibe el nombre "administración por excepción". De acuerdo con esta técnica, la administración presta atención solamente a aquellos casos en que las variaciones en los costos difieren significativamente de la norma, ignorando aquellas situaciones en que el rendimiento haya sido satisfactorio. En

otras palabras la administración concentra su atención sobre las situaciones excepcionales o irregulares, prestando poca o ninguna atención a los casos normales. El equipo de investigación podría también adoptar esta técnica para averiguar los máximos beneficios de los esfuerzos que realice en un futuro para desarrollar y someter a prueba las tecnologías de elaboración perfeccionadas por los investigadores.

Análisis marginal y de costos–beneficios

Con respecto al "análisis marginal", el ejemplo siguiente permite comprender el empleo de un presupuesto parcial para analizar un cambio en una operación de elaboración de alimentos; se propone modificar el proceso, que hasta ahora estuvo limitado a la elaboración de una sola calidad de fideos de harina de arroz con el fin de producir dos calidades de fideos de harina de arroz y de harina de trigo. A continuación se enumeran los costos adicionales y los beneficios obtenidos sin añadir ningún equipo adicional ni ampliar la superficie de la fábrica, llegándose a la conclusión de que resulta ventajoso introducir la nueva calidad de producto:

Costos adicionales		Beneficios adicionales	
Mano de obra	$ 500	10 t de fideos de harina de arroz de primera calida	70 000
Electricidad	350		
Combustible	700	25 t de fideos de harina de trigo	42 000
Agua	100		
Harina de trigo	17 000		
Reducción en los beneficios		**Reducción en los costos**	
Reducción de la producción (35 t de fideos de harina de arroz de mediana calidad dejados de producir)	52 500	Reducción de las compras de harina de arroz	16 000
A. Total anual de los costos adicionales y de la reducción en los beneficios	71 150	B. Total anual de los beneficios adicionales y de la disminución en los costos	128 000
		Menos A	71 150
		Variación neta de los ingresos (B menos A)	56 850

En lo que respecta al "análisis costos–beneficios", a continuación se da un ejemplo hipotético sencillo de cómo calcular el valor presente neto (VPN), el índice costo-beneficio, y el índice de utilidades para una inversión en una fábrica de elaboración de alimentos. Supongamos que la inversión representa añadir una línea adicional de mezclado, extrusión, secado, y envase para un pequeño

fabricante de fideos. Se estima que los costos y los beneficios serán los siguientes: bienes de equipo = $35 000, los costos de operación (anuales) son: mano de obra = $5 000, ingredientes = $1 0000, combustible y electricidad = $7 000, agua = $1 000, intereses = $3 500, mantenimiento de los equipos = $1 750 e ingresos (anuales) provenientes del aumento en la producción = $42 000.

Supongamos también que el equipo tiene una duración de 10 años (sin valor residuario) y que la tasa de intereses inicial es del 10%, igual al imperante en el mercado. En la tabla siguiente aparece el resultado del VPN para esta inversión, calculado al 10%:

	Costos			Ingresos		
Año	Costos reales	Tipo de descuento[a]	Valor actual	Ingresos reales	Tipo de descuento[a]	Valor actual
0	35 000	1,00	35 000	—	—	—
1	28 250	0,909	25 679	42 000	0,909	38 178
2	28 250	0,826	23 335	42 000	0,826	34 692
3	28 250	0,751	21 216	42 000	0,751	31 542
4	28 250	0,683	19 295	42 000	0,683	28 686
5	28 250	0,621	17 543	42 000	0,621	26 082
6	28 250	0,564	15 933	42 000	0,564	23 688
7	28 250	0,513	14 492	42 000	0,513	21 546
8	28 250	0,467	13 193	42 000	0,467	19 614
9	28 250	0,424	11 978	42 000	0,424	17 808
10	28 250	0,386	10 905	42 000	0,386	16 212
			208 569			258 048

VPN = 258 048 − 208 569 = 49 479

$$\text{Indice de costo-beneficio} = \frac{258\,048}{208\,569} = 1{,}24$$

[a] El tipo de descuento se utiliza para convertir los valores futuros en valores actuales, siendo igual a $1/(1+i)^n$, en que i es la tasa de interés anual apropiada (el tipo de descuento) y n es el número de años.

Nota: Con un tipo de descuento del 10%, el VPN es +$49 479. Con un tipo del 50%, el VPN es de −$7 969. Por definición, el índice interno de ingresos es el tipo de descuento en que VPN se reduce a 0; por lo tanto, en este caso, éste estaría entre el 10% y el 50%. El procedimiento más sencillo para calcular el índice interno de ingresos es la interpolación entre los tipos de descuento, sin tomar en cuenta los signos de los VPN. En este caso, 10% + (49 479/(49 479 + 7 969))40% = 44,5%. La interpolación durante un intervalo tan amplio como el utilizado en este ejemplo conlleva marcadas pérdidas de precisión; por lo tanto, resulta aconsejable hacer experimentos con otros tipos de descuento en que los intervalos sean menores.

Sede Central
CIID, PO Box 8500, Ottawa, Ontario, Canadá K1G 3H9

Oficina Regional para América Latina y el Caribe
CIID, Casilla de Correos 6379, Montevideo, Uruguay

Oficina Regional para Asia Suroriental y Oriental
CIID, Tanglin PO Box 101, Singapore 9124, República de Singapur

Oficina Regional para Asia del Sur
CIID, 11 Jor Bagh, New Delhi 110003, India, Asia del Sur

Oficina Regional para Africa Oriental y Meridional
CIID, PO Box 62084, Nairobi, Kenia

Oficina Regional para Medio Oriente y Noráfrica
CIID, PO Box 14 Orman, Giza, Cairo, Egipto

Oficina Regional para Africa Occidental y Central
CIID, BP 11007, CD Annexe, Dakar, Senegal

Para información acerca del CIID y sus actividades, diríjase a la oficina en su región.